

Canada Agriculture

European asparagus aphid — page 4

Le puceron européen de l'asperge — page 5



Canada Agriculture

Volume 30 1984 N° 3 and 4

Volume 30 1984 N° 3 & 4

CANADA AGRICULTURE is published quarterly to inform extension workers and agribusinessmen of developments in research and other federal agricultural responsibilities.

Any article may be reproduced without special permission provided the source is given credit. If excerpts only are to be used, authors' permission should be obtained.

Reprinted articles must not be associated with advertising material. The use of trade names published in this journal implies no endorsement of the products named nor any criticism of similar products not mentioned.

Contributors may submit articles in either English or French to the Secretary, Editorial Board, Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.

CANADA AGRICULTURE est une revue trimestrielle qui renseigne les vulgarisateurs et représentants du négoce agricole sur les développements de la recherche et des autres services agricoles du gouvernement fédéral.

La reproduction des articles est permise en indiquant l'origine. Pour reproduire des passages, l'autorisation de l'auteur est nécessaire.

Les articles reproduits ne doivent pas servir à des fins de réclame. La mention de marques de fabrique ne signifie pas que la revue garantit ces produits ni qu'elle déconseille d'autres produits non mentionnés.

Les articles en anglais ou en français doivent être adressés au secrétaire du Comité de rédaction, La Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.



**Agriculture
Canada**

PROFILE / PAGE 3

FEATURES / PAGE 4

The European asparagus aphid — a threat to asparagus growers in Canada / page 4

Leafrollers in blueberries in British Columbia / page 8

Using germplasm in potato breeding in Canada / page 12

UPDATE / PAGE 16

Agroclimatic resource maps for Canadian agriculture / page 16

Controlling grey disorder in flue-cured tobacco / page 20

Bacterial leaf spot and black stem necrosis of chrysanthemum / page 24

Effect of irrigation on alfalfa winter survival / page 28

A comparison of etiolated growth and carbohydrate level as measures of alfalfa food reserves / page 32

Improving low quality roughage for winter feeding / page 34

ECHOES / PAGE 38

PROFIL / PAGE 3

ARTICLES DOCUMENTAIRES / PAGE 5

Le puceron européen de l'asperge — nouvelle menace / page 5

Les tordeuses du bleuets en corymbe en Colombie-Britannique / page 9

L'utilisation du potentiel génétique dans la sélection des pommes de terre au Canada / page 13

MISE À JOUR / PAGE 17

Cartes des ressources agroclimatiques pour le Canada / page 17

Lutte contre la maladie grise du tabac jaune / page 21

Tache foliaire et tige noire du chrysanthème / page 25

Effet de l'irrigation à l'automne sur la résistance de la luzerne à l'hiver / page 29

Comparaison de la croissance en l'absence de lumière avec la teneur en glucides comme méthode. . . / page 33

Amélioration des fourrages de faible qualité / page 35

ÉCHOS / PAGE 39

Cover Photo

Chrysanthemums — popular as cut flowers or potted plants

Photo de la couverture

Les chrysanthèmes : appréciés en pot ou en bouquet

Published by Communications Branch / Publié par la Direction générale des communications / Agriculture Canada

Animal Research Centre

The Animal Research Centre celebrated its 25th anniversary in 1984. Under the leadership of Drs. Ray Emslie (1959-65) and Robb Gowe (1965-present), the ARC has become a world-recognized centre of excellence in livestock and poultry research. The centre has two locations in Ottawa's National Capital Region. The chemical laboratories and offices for the 46 scientists and administration are located on the historic Central Experimental Farm. The 150 operational staff are at the 1130 ha Research Farm in the City of Nepean (adjacent to Ottawa).

Outstanding achievements over the past 25 years have been numerous. They include the development of techniques for breeding high-producing and disease resistant poultry; increased and efficient sheep production through more frequent breeding, estrous synchronization and improved artificial insemination; forage treatment and formulation of practical diets to reduce feed costs for dairy and beef cattle (the latter in co-operation with the Kapuskasing Experimental Farm); development of a system, now used world-wide, for measuring bioavailable energy and other constituents in poultry diets; creation and maintenance of unique, large minimal-disease populations of poultry, swine and sheep for animal production research; studies which have resulted in the widespread acceptance of Canadian canola oil; better understanding of the safety of mycotoxins in Canadian grains and pesticide residues in animal products; minerals research with selenium has resulted in its acceptance as a micro-ingredient for animal feeds, and techniques for early breeding of gilts and the use of colostrum substitutes.

The results of the unique on-going, long-term selection studies in poultry, sheep and dairy cattle will greatly assist producers and breeders to evaluate lifetime productivity traits for their breeding programs.

Agriculture Canada Le Centre de recherches zootechniques

Le Centre de recherches zootechniques célèbre son 25^e anniversaire en 1984. Sous la direction de Ray Emslie (1959-1965) puis de Robb Gowe (1965 à maintenant), il s'est acquis une réputation mondiale pour l'excellence de ses recherches sur les bestiaux et la volaille. Le Centre compte deux emplacements dans la région de la capitale nationale. D'une part, on trouve les laboratoires de chimie ainsi que les bureaux administratifs qui logent les 46 chercheurs sur le site historique de la Ferme expérimentale centrale d'Ottawa; d'autre part, les 150 employés d'exécution travaillent à la ferme expérimentale de 1130 hectares, située dans la ville de Nepean (adjacente à Ottawa). Là, une cinquantaine d'étables, de poulaillers et de bâtiments de service permettent le bon déroulement des études sur les animaux.

Les 25 dernières années ont été témoins de nombreux programmes marquants, tels que : la mise au point de techniques d'amélioration de la productivité et de la résistance aux maladies des volailles; l'augmentation de la production ovine et de son efficacité grâce à des croisements plus fréquents, la synchronisation des chaleurs et de meilleures techniques d'insémination artificielle; le traitement des fourrages et la préparation de régimes pratiques dans le but de réduire les coûts d'alimentation des bovins laitiers et de boucherie (dans ce dernier cas, en collaboration avec la ferme expérimentale de Kapuskasing); la mise au point d'un système, maintenant utilisé dans le monde entier, pour mesurer l'énergie biodisponible et les autres composantes du régime des volailles; la création et le maintien de vastes populations uniques de volailles, de porcs et de moutons et qui contractent peu de maladies, pour la recherche sur la production animale; les études qui ont fait que l'huile de canola canadien est maintenant largement acceptée; l'améliora-



M. Robb Gowe, directeur

Dr. Robb Gowe, Director

tion des connaissances sur les effets des mycotoxines dans les céréales canadiennes et des résidus de pesticides dans les produits animaux; les recherches sur le sélénium qui ont permis que celui-ci soit maintenant accepté comme micro-ingredient dans les aliments du bétail; les techniques d'accouplement précoce des jeunes truies nullipares et l'utilisation de succédanés de colostrum.

Les résultats de ces études d'amélioration uniques, continues et à long terme sur l'aviculture ainsi que sur l'élevage des moutons et des bovins laitiers aideront grandement les producteurs et les éleveurs à évaluer les caractères de productivité cumulatifs dans le cadre de leurs programmes d'amélioration génétique.

The European Asparagus Aphid — A new threat to asparagus growers in Canada

A.R. Forbes, R.S. Vernon and S.Y. Szeto

The European asparagus aphid, *Brachycolus asparagi* Mordvilko, is a new and very destructive pest of asparagus in British Columbia and the western United States. Recently, it has also been found in southern Ontario, where some damage has occurred.

The asparagus aphid (Figure 1) is a long, narrow, green aphid covered with a grey mealy wax. Its antennae are very short and its cauda is moderately long and almost parallel-sided. Its cornicles are small and mammiform. This aphid can be easily distinguished from other aphids occurring on asparagus by its color, waxy covering, body shape and small cornicles.

Feeding by this aphid causes stunting of the cladophylls (modified leaves) and shortening of the internodes near the feeding site resulting in rosetted growth at the branch tips with a characteristic blue-green color (Figures 2 and 3). Heavily infested plants are weakened with marked reduction in yields and the plants ultimately die. Experiments at the Vancouver Research Station showed that these growth abnormalities are probably due to a toxin injected into the plant by the aphid during feeding.

When research on this problem was initiated by us, malathion and mevinphos were the only aphicides registered for use on asparagus in Canada. A drawback to the use of these chemicals, however, was their relatively poor residual activity necessitating several sprays during the course of a growing season for effective control of the pest. Furthermore, repeated spraying in mature asparagus using a tractor-mounted boom sprayer causes physical damage to the ferns and reduces numbers of beneficial insects such as bees and predators of aphids.

Since 1981 we have evaluated several contact (malathion and endosulfan), systemic (disulfoton, demeton and oxydemeton-methyl) and partly systemic (methamidophos, dimethoate and piri-



Figure 1 The European asparagus aphid, *Brachycolus asparagi* Mordvilko right, apterous (wingless) aphid, centre, alate (winged) aphid, left, aphids on asparagus fern.

Figure 1 Puceron européen de l'asperge (*Brachycolus asparagi* Mordvilko): À droite, forme aptère; au centre, forme ailée; à gauche, pucerons sur une asperge.

micarb) insecticides against the European asparagus aphid in the Okanagan Valley of British Columbia. Aphid populations in experimental plots were monitored throughout the growing season and insecticide sprays were applied whenever the populations reached or exceeded 0.3 aphids/g of fern. Results of the field trials from 1981 to 1983

showed that all of the insecticides tested reduced the aphid population immediately after applications. Their residual activities, however, were different. To assess the residual activity of each chemical, 10 to 36 live aphids were transferred to an asparagus branch periodically after spray applications. They were enclosed in gauze socks to prevent their

Le puceron européen de l'asperge — nouvelle menace pour les producteurs d'asperges au Canada

A.R. Forbes, R.S. Vernon et S.Y. Szeto

Le puceron européen de l'asperge (*Brachycolus asparagi* Mordvilko) est un ravageur nouvellement arrivé et très redoutable pour l'asperge en Colombie-Britannique et dans l'ouest des États-Unis. Il a aussi été décelé récemment dans le sud de l'Ontario où il a déjà occasionné des dégâts.

Brachycolus asparagi (Figure 1) est un puceron de couleur verte, au corps long et étroit, couvert d'une sécrétion cireuse, grise et d'aspect farineux. Ses antennes sont très courtes et sa cauda est moyennement longue et presque cylindrique. Ses cornicules sont petites et mammi-formes. Ce puceron se distingue facilement des autres pucerons parasites de l'asperge par sa couleur, son revêtement cireux, la forme de son corps et ses petites cornicules.

La déprédation causée par ce puceron provoque le rabougrissement des cladodes (feuilles modifiées) et le raccourcissement des entre-nœuds près des points d'alimentation; ceci entraîne une croissance en rosette au bout des rameaux et une coloration bleu-vert caractéristique (Figures 2 et 3). Les plantes gravement infestées s'affaiblissent et leur rendement diminuent sensiblement; elles finissent par succomber. Selon les résultats d'expériences menées à la Station de recherches de Vancouver, la toxine que le puceron injecte dans la plante durant la déprédation pourrait être la cause de ces anomalies de croissance.

Lorsqu'ont débuté les travaux sur le sujet, le malathion et le mévinphos étaient les seuls aphicides homologués pour l'asperge au Canada. Toutefois, ces produits chimiques ont une persistance assez faible et doivent donc être pulvérisés plusieurs fois durant la période de croissance pour être vraiment efficaces. Or, des pulvérisations répétées sur les asperges adultes à l'aide d'une buse tractée endommagent la culture et détruisent aussi les insectes utiles comme



Figure 2 Asperges :

À gauche, croissance normale; au centre, croissance en rosette, résultat de la déprédation des pucerons; à droite, rameau colonisé par des pucerons, qui porte les symptômes de croissance en rosette (à gauche) et deux rameaux indemnes de pucerons et qui poussent normalement (à droite).

Figure 2 *Asparagus ferns* left, normal growth; centre, rosetted growth, the result of aphid feeding; right, one branch colonized by aphids showing rosette symptoms (left) and two branches not colonized by the aphids and growing normally (right).

les abeilles et les prédateurs des pucerons.

Depuis 1981, nous avons évalué l'action de plusieurs insecticides de contact (malathion et endosulfan), systémiques (disulfoton, déméton et oxydémeton-méthyl) et partiellement systémiques (méthamidophos, diméthoate et pyrimicarbe) contre le puceron européen de l'asperge dans la vallée de l'Okanagan en Colombie-Britannique. Nous avons ainsi contrôlé la population de pucerons dans les parcelles expérimentales durant toute la période de croissance et pulvérisé des insecticides chaque fois qu'elle

atteignait ou dépassait 0,3 puceron/g de tige. Les résultats des essais sur le terrain menés de 1981 à 1983 montrent que tous les insecticides étudiés ont eu un effet immédiat sur la population de pucerons, mais que leur persistance respective différait. Afin de déterminer la persistance de chaque produit chimique, nous avons déposé périodiquement entre 10 et 36 pucerons vivants sur un rameau d'asperge après l'avoir pulvérisé. Les pucerons étaient protégés de leurs prédateurs par une manchette de gaze. Six à huit jours plus tard, nous avons compté le nombre de pucerons encore



Figure 3 Asparagus plots in the field showing an untreated row (centre to upper right) with severe damage and a treated undamaged row on the left.

Figure 3 Rang d'asperges non traité (du centre jusqu'en haut à droite) gravement touché et rang traité, intact (à gauche).

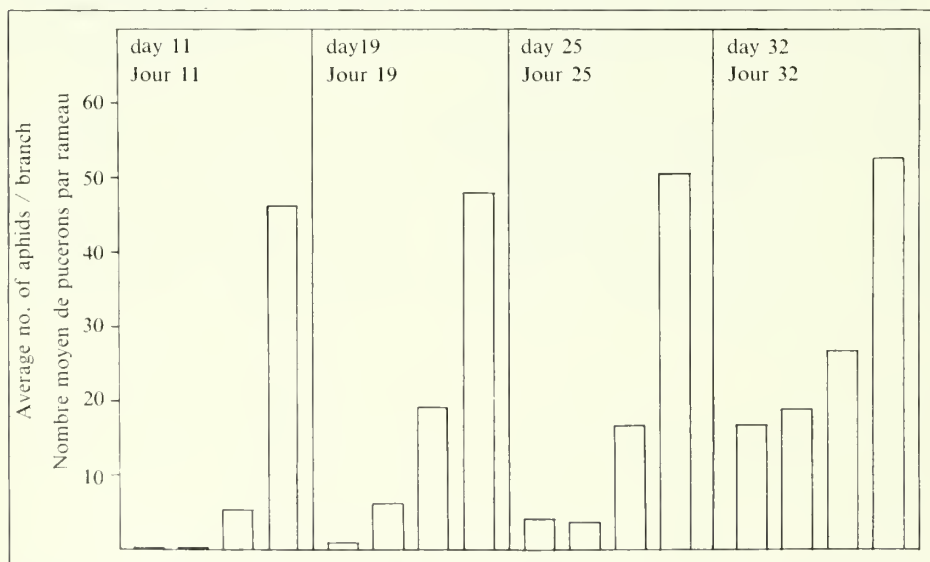


Figure 4 Aphids surviving and their offspring after they were transferred to ferns 11, 19, 25 and 32 days after the application of disulfoton at 1.12 kg a.i./ha (1), dimethoate at 1.0 kg a.i./ha (2) or pirimicarb at 0.25 kg a.i./ha (3). 4 is the untreated control.

Figure 4 Pucerons survivants et leur descendance après avoir été déposés sur des asperges 11, 19, 25 et 32 jours après l'application d'une dose de disulfoton de 1,12 kg m.a./ha (1), de diméthoate de 1,0 kg m.a./ha (2) ou de pyrimicarbe de 0,25 kg m.a./ha (3). Le numéro 4 est le témoin non traité.

being consumed by predators. The number of aphids surviving and their offspring were counted after 6 to 8 days. From the results (Figure 4) it is evident that the residual activity of disulfoton (at 1.12 kg a.i./ha) and dimethoate (1.0 kg a.i./ha) was longer than that of pirimicarb (at 0.25 kg a.i./ha).

In general, a single spray of the systemic insecticides kept aphid populations below the level of 0.3 aphids/g of fern throughout the season, whereas repeated applications of the contact and partly systemic insecticides were required to achieve similar control. Damage to asparagus ranged from light to moderate in the treated plots but very heavy damage occurred in the control plots (Figure 5).

All insecticides tested degraded readily in asparagus ferns during the season. Examples are given in Figure 6. There were no residues of the insecticides or their toxic metabolites in marketable spears harvested in the following spring. The limit of detection of 0.01 ppm.

Based on this research, both dimethoate and pirimicarb are now registered under the minor use of pesticides program for control of the asparagus aphid. The registration of disulfoton is pending upon re-submission of toxicological data from the manufacturer.

The authors are research scientists at Agriculture Canada Research Station, Vancouver, British Columbia.

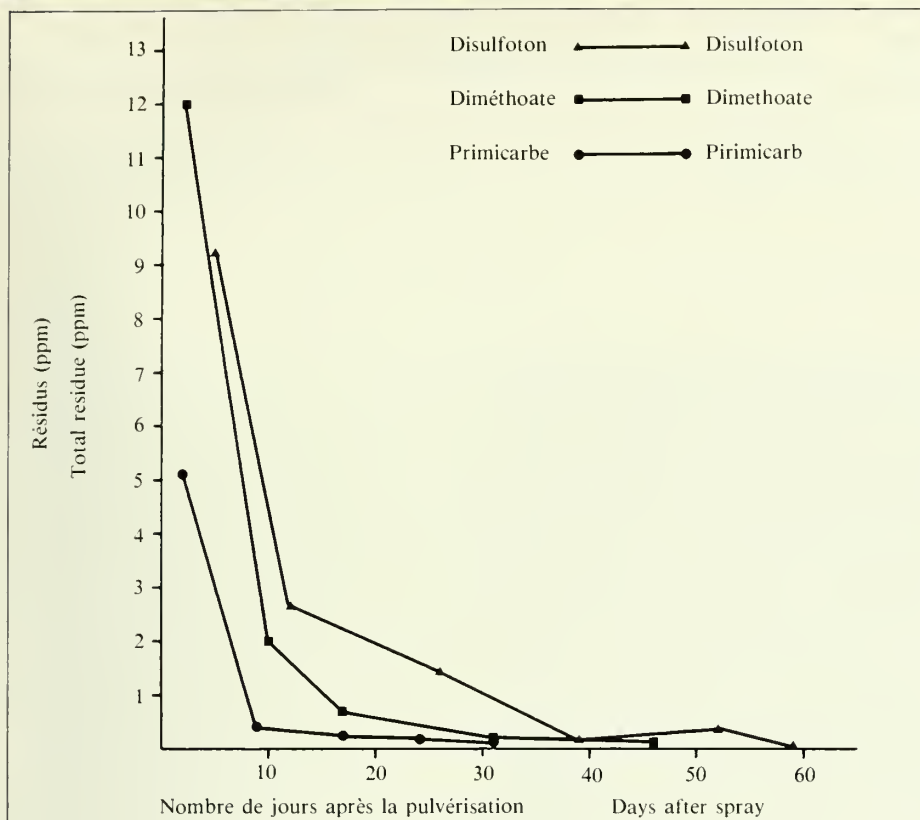


Figure 5 Asperges endommagées par les pucerons dans les parcelles pulvérisées et dans les parcelles témoins non traitées.

Figure 5 Aphid damage to asparagus in sprayed plots and in the untreated control.

vivants et leur descendance. D'après les résultats (Figure 4), il ressort que la persistance du disulfoton (à 1,12 kg m.a./ha) et du diméthoate (1,0 kg m.a./ha) était supérieure à celle du pyrimicarbe (à 0,25 kg m.a./ha).

En général, une simple pulvérisation d'insecticide systémique a suffi à garder la population de pucerons au niveau de 0,3 puceron/g de tige durant toute la saison. Il a toutefois fallu répéter les traitements aux insecticides de contact et partiellement systémiques pour atteindre les mêmes résultats. Les dommages infligés aux asperges ont été de légers à moyens dans les parcelles traitées, mais très lourds dans les parcelles témoins (Figure 5).

Tous les insecticides mis à l'essai se dégradent spontanément sur les asperges durant la saison. (Exemples à la figure 6.) Il n'y avait pas de résidus des insecticides ou de leurs métabolites toxiques dans les asperges commercialisables récoltées au printemps suivant. Le seuil de dépistage est de 0,01 ppm.

À la suite de ces travaux, le diméthoate et le pyrimicarbe sont maintenant homologués dans le cadre du programme d'emploi limité des antiparasitaires pour lutter contre le puceron de l'asperge. L'homologation du disulfoton dépendra d'une nouvelle présentation des données toxicologiques par le fabricant.

Les auteurs sont des chercheurs de la Station de recherches d'Agriculture Canada à Vancouver (C.-B.)

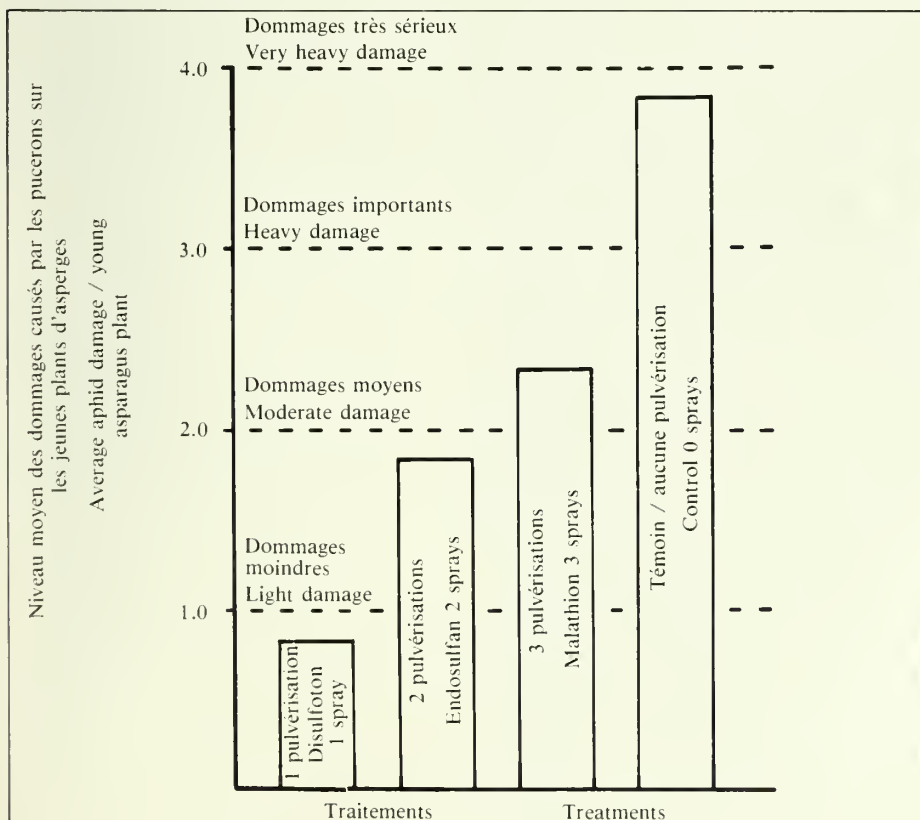


Figure 6 Dégradation du disulfoton, du diméthoate et du pyrimicarbe chez l'asperge.

Figure 6 Degradation of disulfoton, dimethoate and pirimicarb in asparagus.

Leafrollers on blueberries in British Columbia

J. Raine

High bush blueberries, *Vaccinium corymbosum* L., are an important crop in the Lower Fraser Valley of British Columbia. First planted in 1925 on the acid peat bogs of the Lower Fraser Valley, they are now grown on approximately 1000 hectares and have a farm-gate value of \$10 million.

Blueberries were thought to have few pests in British Columbia. Recent sur-

veys however, indicate that 16 species of leafrollers feed on the crop, some of which reduce yields by feeding on the developing blossom and fruit clusters while others contaminate the fruit when the caterpillars are dislodged into picking baskets at harvest. With the advent of mechanical pickers, which vibrate the bushes to dislodge the fruit, the problem of caterpillars among the fruit has become more serious.

Eight of the 16 species found on blueberries are common and potentially damaging. The remainder are incidental and seldom occur in sufficient numbers to cause economic injury. The most common species are: the Bruce spanworm, *Operophtera bruceata* (Hulst.); the eye-spotted budmoth, *Spilonota ocellana* (D & S); the oblique-banded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harr.); the European leafroller, *Archips rosana* (L.) and four species (*Pandemis cerasana* [Hubn.]; *Badebecia urticana* [Hubn.]; *Croesia curvalana* [Huft.] and *Cheimophila salicella* [Hbn.]) without common names.

The greatest damage is caused by the small caterpillars of *O. bruceata* and *S. ocellana* feeding on the expanding blossom buds in late March and the separating blossom cluster buds in April (Figure 1). Further damage may be caused by *C. rosaceana*, *P. cerasana*, *B. urticana* and *C. curvalana* feeding on the developing blossom clusters in May (Figure 2) and by *A. rosana* and *C. salicella* feeding in the calyx end of the green fruit in late May and early June (Figure 3).

Most species have pupated by early July, when the fruit is ripe (Figure 4). About two weeks after pupation, the moths emerge and lay eggs. The eggs of *O. bruceata*, *P. curvalana* and *A. rosana* overwinter, so these species are not a problem again until the following spring when the caterpillars hatch from the eggs. The eggs of *S. ocellana*, *C. rosaceana*, *P. cerasana*, and *B. urticana* hatch in July and the young caterpillars feed briefly before overwintering in hibernacula on the twigs. Harvest is almost over by the time the caterpillars of these species occur, so any damage caused by their feeding at this time is minimal. Only *C. salicella* is a nuisance at harvest. It is present throughout the harvest period as almost mature caterpillars in dead leafrolls (Figure 5) which hang on the bushes until October when the caterpillars pupate within their last shelter and drop to the ground with the leaves to overwinter. During harvest



Figure 1 Damage caused by caterpillars feeding on blossom buds.

Figure 1 Domages provoqués par les chenilles qui dévorent les boutons floraux.

Les tordeuses du bleuets en corymbe en Colombie-Britannique

J. Raine

Les bleuets en corymbe (*Vaccinium corymbosum* L.) constituent une culture importante dans la vallée du bas Fraser en Colombie-Britannique. Introduits en 1925 dans les tourbières acides de cette région, ils couvrent maintenant environ 1000 hectares et rapportent à la production des revenus de 10 millions de dollars.

On croyait jusqu'à dernièrement que les bleuets avaient bien peu d'ennemis naturels en Colombie-Britannique. Toutefois, des études récentes ont révélé qu'il y a environ 16 espèces de tordeuses qui s'en nourrissent, dont certaines réduisent le rendement des cultures en dévorant les grappes de fleurs et de fruits en formation. D'autres s'attaquent aux fruits lorsque les chenilles se retrouvent dans les paniers des cueilleurs. Depuis la venue des cueilleuses mécaniques qui secouent les plants pour en déloger les fruits, le problème des chenilles parmi les fruits s'est accentué.

Huit de ces 16 espèces sont communes et peuvent causer des dégâts. Les autres ne se manifestent qu'occasionnellement, et rarement en nombre suffisant pour provoquer des dommages d'importance économique. Les espèces les plus communes sont : l'arpenteuse de Bruce, *Operophtera bruceata* (Hulst.); le pique-bouton du pommier, *Spilonota ocellana* (D. et S.); la tordeuse à bandes obliques, *Choristoneura rosaceana* (Harr.); la tordeuse européenne, *Archips rosana* (L.) et quatre espèces sans nom vernaculaire (*Pandemis cerasana* (Hubn.); *Badebecia urticana* (Hubn.); *Croesia curvalana* (Huft.) et *Cheimophila salicella* (Hubn.)).

C'est la petite chenille des espèces *O. bruceata* et *S. ocellana* qui cause le plus de dommages parce qu'elle se nourrit, à la fin de mars, des bourgeons en fleurs gonflés et en avril, des boutons floraux en séparation (Figure 1). Au mois de mai, les espèces *C. rosaceana*, *P. cerasana*, *B. urticana* et *C. curvalana* s'attaquent aux boutons floraux en pleine croissance (Figure 2) et, à la fin de mai et au début de juin (Figure 3), les espèces *A. rosana* et *C. salicella*



Figure 2 Dommages provoqués par les chenilles qui se nourrissent des grappes de boutons floraux.

Figure 2 Damage caused by caterpillars feeding on developing blossom clusters.

dévorent le calice des fruits verts.

Lorsque le fruit est mûr, au début de juillet, la plupart des espèces sont en pupaison (Figure 4). Environ deux semaines plus tard, le papillon émerge et pond ses oeufs. Les espèces *O. bruceata*, *P. curvalana* et *A. rosana* ne posent pas de problèmes immédiate-

ment, car l'éclosion des oeufs et l'apparition des chenilles n'ont lieu que le printemps suivant. Par contre, les oeufs de *S. ocellana*, *C. rosaceana*, *P. cerasana*, et *B. urticana* éclosent en juillet et les jeunes chenilles se nourrissent pendant une brève période avant de se réfugier dans un hibernacle pour y passer l'hiver.



Figure 3 Damage caused by caterpillars feeding on calyx end of fruit.

Figure 3 Dommages provoqués par les chenilles qui consomment le calice des fruits.

Figure 4 Occurrence of leafrollers on blueberries related to plant development and timing of sprays

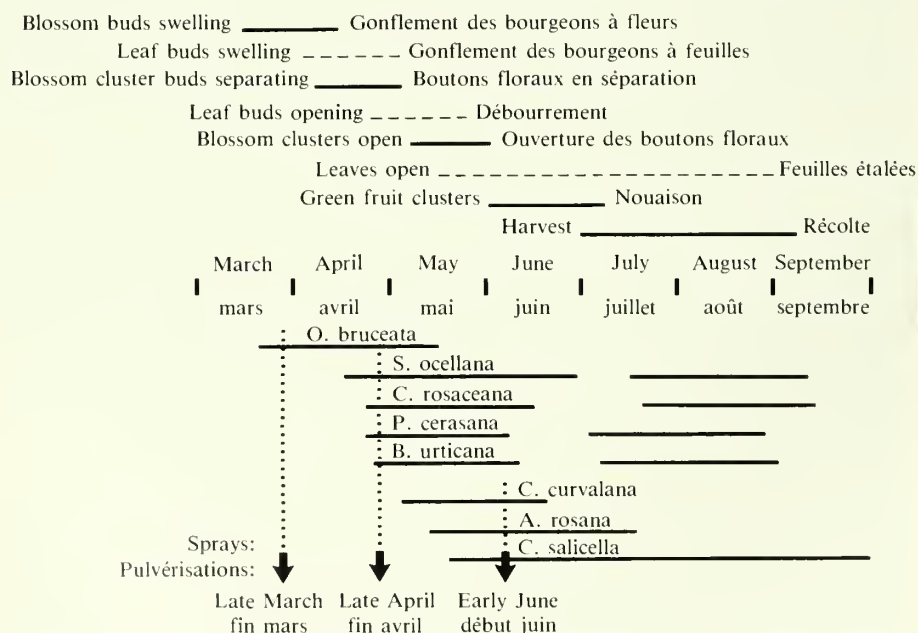


Figure 4 Occurrence of leafrollers of blueberries related to plant development and timing of sprays.

Figure 4 Apparition des tordeuses sur les plants de bleuets en fonction du développement des plants et du calendrier de pulvérisation.

large numbers of these caterpillars are dislodged into picking baskets — especially if mechanical harvesters are used. The caterpillars are attracted to light and when the fruit is brought into picking sheds for cleaning, the caterpillars crawl over the floors and up the walls of sheds — sometimes in such numbers that the floors are made slippery from crushed caterpillars.

Three sprays of Malathion are recommended for control of leafrollers in British Columbia: the first in late March, for *O. bruceata* feeding on the expanding blossom buds; the second in late April, before blossom, for *S. ocellana*, *C. rosaceana*, *P. cerasana* and *B. urticana* feeding on the separating blossom clusters; and a third in early June, after blossom, for *C. curvalana*, *A. rosana* and *C. salicella* feeding on the green fruit in their early stages and in leafrolls in later stages (Figure 4).

Field tests conducted on blueberry plantings near Vancouver indicate that Malathion is not effective against leafrollers in the early spring when temperatures are below 20°C. Parathion, Guthion, Diazinon, Ambush and Decis, however, are effective throughout the season. Other chemicals which are less toxic to bees are also being tested. My studies also indicate that: 1) most of the common species are heavily parasitized, 2) leaf feeding by the caterpillars does not reduce yields, and 3) injury to the developing blossom buds and clusters may not be extensive enough to warrant sprays every year. For these reasons, further studies are planned to establish economic injury thresholds for leafrollers and to develop an integrated pest management program for all blueberry insect pests.

Mr. Raine is a research scientist at Agriculture Canada Research Station, Vancouver, British Columbia.



Figure 5 Feuille enroulée qui protège une chenille de *C. salicella*.

Figure 5 A typical leafroll sheltering caterpillar of *C. salicella*.

Au moment où ces chenilles se développent, la récolte est presque terminée de sorte que les dégâts qu'elles infligent sont minimes. Seule *C. salicella* est nuisible à la récolte. Elle est présente à l'état de chenille presque adulte dans des feuilles mortes enroulées (Figure 5) qui restent attachées au buisson jusqu'en octobre. Les chenilles entrent en pupaison dans leurs feuilles protectrices avec lesquelles elles tombent au sol pour y passer l'hiver. Au cours de la récolte, un grand nombre de ces chenilles aboutissent dans les paniers de cueillette, particulièrement si on utilise des cueilleuses mécaniques (Figure 6). Les chenilles sont attirées par la lumière de sorte que lorsqu'on apporte la récolte dans les ateliers de nettoyage, les chenilles tombent sur le plancher, en tel nombre que parfois, le plancher en devient glissant, et cherchent à grimper aux murs.

En Colombie-Britannique, on recom-

mande trois pulvérisations de Malathion pour lutter contre les tordeuses : la première, à la fin de mars, contre l'espèce *O. bruceata*, qui se nourrit des bourgeons à fleurs; la deuxième, à la fin d'avril, avant la floraison, pour détruire les espèces *S. ocellana*, *C. rosaceana*, *P. cerasana* et *B. urticana* qui dévorent les boutons floraux en séparation; et la troisième, au début de juin, après la floraison, pour contrer *C. survalana*, *A. rosana*, et *C. salicella* qui attaquent les fruits verts à leurs premiers stades de développement et qui plus tard, s'enroulent dans des feuilles (Figure 4).

Les essais que j'ai menés sur des cultures de plein champ près de Vancouver indiquent que le Malathion n'est pas efficace contre les tordeuses au début du printemps lorsque les températures sont inférieures à 20 °C; par contre, les produits Parathion, Guthion, Diazinon, Ambush et Decis le sont pendant toute

la saison. On effectue actuellement des essais d'autres produits chimiques moins toxiques pour les abeilles. Il ressort également de mes études que : 1) la plupart des espèces communes de bleuets sont lourdement parasitées; 2) les dégâts que les chenilles infligent aux feuilles ne diminuent pas le rendement; 3) les dommages subis par les boutons floraux ne sont peut-être pas assez graves pour justifier des pulvérisations annuelles. C'est pourquoi on mènera d'autres études afin d'établir le seuil où les dégâts causés par les tordeuses ont une incidence économique et d'élaborer un programme intégré de lutte antiparasitaire pour tous les insectes ravageurs des bleuets.

J. Raine est chercheur scientifique à la Station fédérale de recherches de Vancouver (C.-B.).

Using germplasm in potato breeding in Canada

H. De Jong and T.R. Tarn

Introduction

There has been a significant change in the variety choices available to the Canadian potato industry over the past three decades (Figure 1). Of the 67 varieties licensed for sale as seed potatoes in Canada in 1983, only 13 appeared on the 1952 list. A major factor contributing to this progress has been the judicious use of germplasm resources. Achievements of Canadian potato breeding projects through the utilization of germplasm resources are noteworthy.

Historical Aspects

The cultivated potato (*Solanum tuberosum* Group Tuberosum) of Europe and North America has its ancestral roots in Central and South America where it was domesticated before recorded history. The scant historical data of the potato's entry into North America trace it back to Londonderry, N.H. where it was introduced by Irish immigrants in 1719. There is no reliable evidence relating to its entry into Canada. From early herbals and other records it is known that

the early introductions into Europe (from the 1570s onward) were not well adapted to the north temperate zone. It is to the credit of our forefathers that they recognized the potential of this exotic plant which is now the world's fourth major food crop.

Only a very small sample of the great genetic diversity which is found at or near the original centers of cultivation of the potato was introduced into Europe in the sixteenth century. The recent realization that potato varieties have similar ancestries and a relatively narrow genetic base has stimulated potato breeders around the world to enhance their breeding programs with wild and primitive cultivated germplasm resources. The late blight epidemic of the 1840's which resulted in the catastrophic Irish potato famine caused an urgent search for resistance to this devastating disease. For example, in 1851, Rev. Goodrich of Utica, N.Y. obtained from a local market in Panama a sample of primitive varieties, one of which became known as "Rough Purple Chile". The Garnet Chile variety was derived from it and was, in turn, used in several breeding programs so that today most North American and European varieties have Garnet Chile in their pedigree.

Primitive varieties (excluding Rough Purple Chile) and wild species occur in the pedigrees of at least 17 of the 27 Canadian-bred varieties which were licensed for sale as seed potatoes in Canada in 1983. The primitive varieties used are *S. tuberosum* Groups Andigena (4 times), Phureja (3) and Stenotomum (1). Wild species in the ancestry of Canadian-bred varieties include *S. acaule* (5), *S. chacoense* (3), *S. comersonii* (4), *S. demissum* (10), *S. x edinense* (4), *S. kurtzianum* (1), *S. maglia* (4), *S. microdontum* (1), and *S. toralapanum* (1).

Current potato breeding projects in Canada use germplasm resources in two major areas: a. transfer of specific

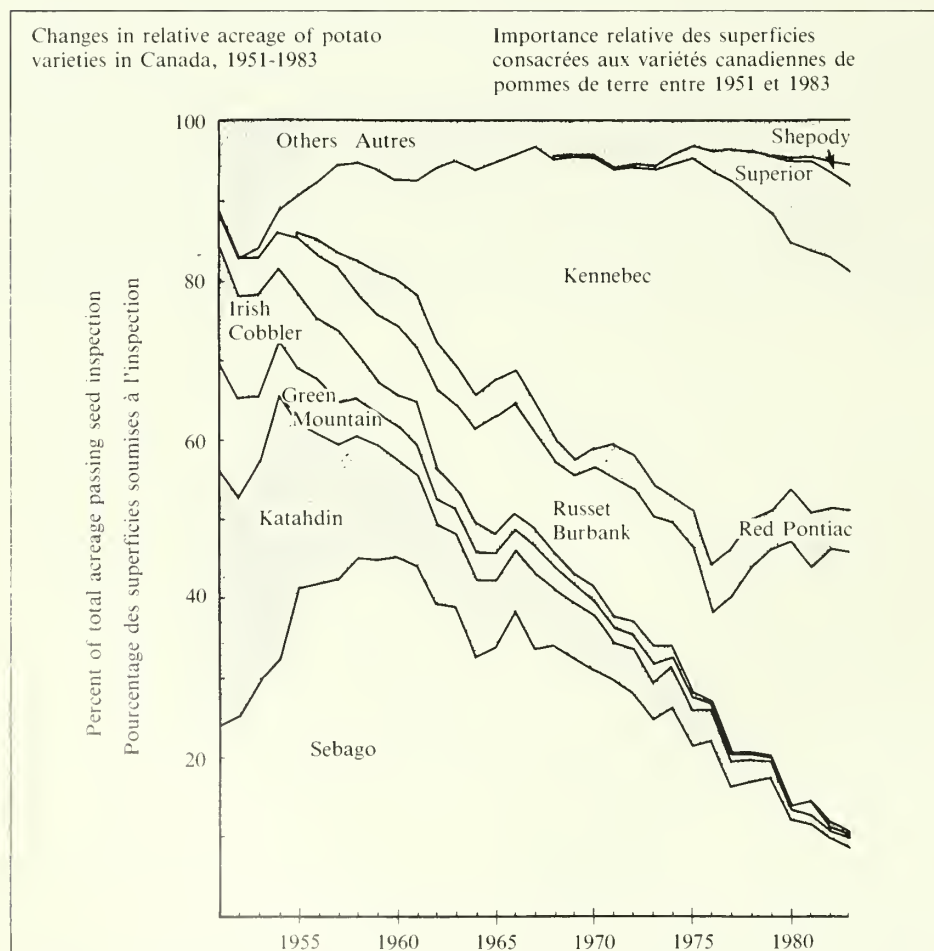


Figure 1 Changes in relative acreage of potato varieties in Canada, 1951-1983.

Figure 1 Importance relative des superficies consacrées aux variétés canadiennes de pommes de terre entre 1951 et 1983

L'utilisation du potentiel génétique dans la sélection des pommes de terre au Canada

H. De Jong et T.R. Tarn

Introduction

Au cours des trois dernières décennies, l'assortiment des variétés de pommes de terre offert aux agriculteurs canadiens a connu une importante évolution. (Figure 1). Parmi les 67 variétés homologuées comme pommes de terre de semence au Canada en 1983, seulement 13 figuraient sur la liste en 1952. L'utilisation judicieuse des ressources génétiques a contribué de façon déterminante à cet essor. Le présent article fait état de certaines réalisations dans le cadre de projets canadiens de sélection de la pomme de terre par l'utilisation des ressources génétiques.

Aspects historiques

La pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum*, groupe *Tuberosum*) d'Europe et d'Amérique du Nord tire son origine de l'Amérique centrale et du Sud où elle a été domestiquée au cours de la Préhistoire. Les quelques données historiques sur l'entrée de la pomme de terre en Amérique du Nord remontent à Londonderry (N.H.) où elle a été introduite par des immigrants irlandais en 1719. On ne possède aucun témoignage concernant son introduction au Canada. À partir des premiers herbiers et d'autres registres, on sait que les premières variétés introduites en Europe (à partir de 1570) n'étaient pas bien adaptées à la zone tempérée du nord. Nos prédécesseurs sont dignes de mérite pour avoir reconnu le potentiel de cette plante exotique qui se classe maintenant au quatrième rang des cultures vivrières dans le monde.

Seul un très faible échantillon des nombreuses variétés génétiques trouvées près des centres originaux de culture de la pomme de terre a été introduit en Europe au XVI^e siècle. Le fait que tout récemment les sélectionneurs de pommes de terre du monde entier ont reconnu que les variétés de pommes de terre ont une origine commune et un patrimoine génétique relativement res-

treint a incité ceux-ci à améliorer leurs programmes de sélection au moyen de ressources génétiques sauvages et primitives cultivées. L'épidémie de mildiou survenue dans les années 40 au siècle précédent et qui a causé la grande

famine en Irlande a été le stimulant nécessaire pour que des recherches approfondies et urgentes sur la résistance à cette maladie dévastatrice soient entreprises. Par exemple, en 1851, le révérend Goodrich d'Utica (N.Y.) obte-

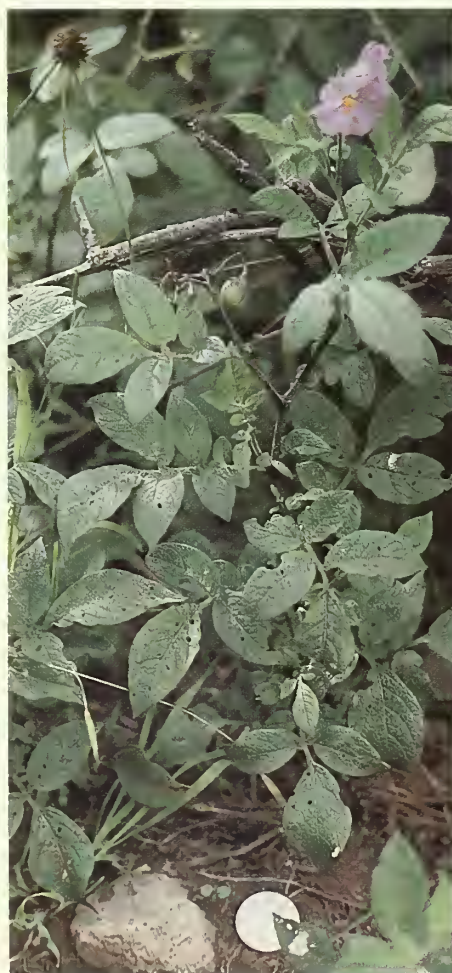


Figure 2 Le mildiou continue à être une source d'ennuis pour les producteurs de pommes de terre. Les recherches, au Canada, portent sur la variété *Solanum verrucosum* qu'on voit ici dans un environnement mexicain, son milieu naturel.

Figure 2 Late blight continues to be a concern of potato breeders and research in Canada includes *Solanum verrucosum*, seen here in its native Mexican environment.



Figure 3 L'espèce mexicaine, *Solanum stoloniferum*, est reconnue pour sa résistance à plusieurs virus, au mildiou et à certains insectes qui s'attaquent aux pommes de terre.

Figure 3 This Mexican species, *Solanum stoloniferum*, is well known for its resistances to several viruses, late blight and some potato-infesting insects.

traits, and b. overall performance improvement.

Transfer of Specific Traits

It is possible in several cases to trace specific genes for disease resistance back to original germplasm introductions. Thus the PVX immunity of Fredericton-bred Jemseg can, over five generations, be traced back to Villaroela, a primitive variety grown by the Chilote Indians on the S. Chilean island of Chiloe. Another classic example is the use of Andigena clone CPC 1673 from the Commonwealth Potato Collection. Its resistance to potato cyst nematode and immunity to PVX have been incorporated into many modern varieties in Europe and North America. The Guelph-bred Simcoe traces its resistance to the potato cyst nematode to CPC 1673.

Although the potato cyst nematode is not known to occur in mainland Canada, its wide dispersal in Europe and South America and limited outbreaks in the State of New York have led to speculation that future outbreaks will occur elsewhere. As an "insurance" for such an event, resistant breeding stocks are currently used in the Fredericton, Newfoundland and Guelph breeding programs. In addition to Andigena, several wild species such as *S. vernei* and *S. multidissectum* have contributed to current levels of potato cyst nematode resistance in advanced breeding stocks.

Other ongoing research in germplasm enhancement includes combining traits such as resistance to scab, late blight, wart and several viruses from a wide array of genetic resources and incorporating them into advanced breeding stocks. Contributions toward the improvement of such processing traits as chipping can also be expected from the use of primitive varieties.

Overall Performance Improvement

It is now believed that the initial genetic base of the potatoes cultivated in the north temperate zone was so narrow that even with past introductions of other species, as just described, the reserve of new variation is becoming exhausted: breeders are finding increasing difficulty in producing significant new recombinants from which they can select new varieties. Responding to this situation, potato breeders in Canada and elsewhere are turning to a greater and more systematic use of germplasm

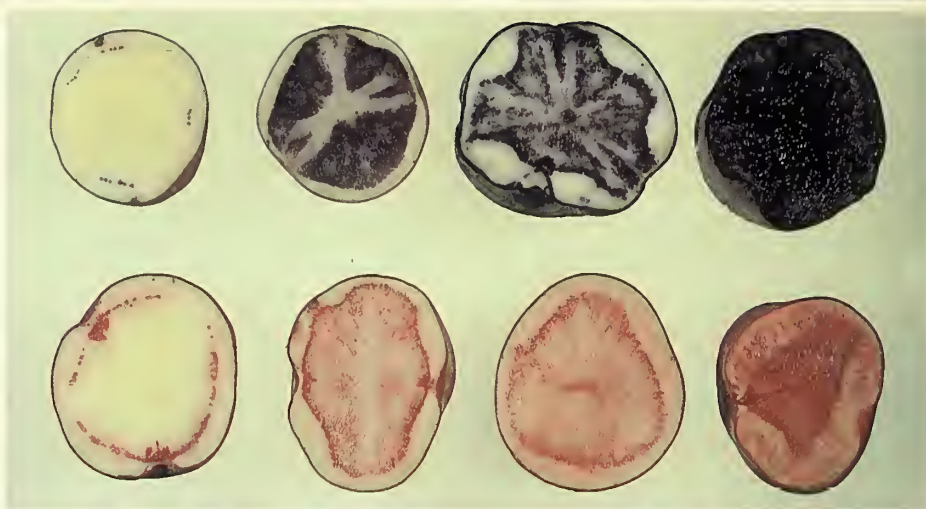


Figure 4 The wide range of genetic variability of germplasm resources is even extended to pigmentation of tuber flesh.

Figure 4 Le spectre étendu des variations génétiques des diverses souches touche même à la pigmentation de la chair du tubercule.

material. In this case the germplasm is considered not only for its value for specific traits, often simply inherited, but also as building blocks for a broader genetic base.

The primitive cultivated Andigena potatoes from the Andes give us an opportunity to breed for higher yields. It requires many cycles of crossing, evaluation and selection to obtain Andigena clones adapted to our conditions and even then those clones produce relatively large numbers of small tubers and are not suitable as varieties themselves. However, the best of these cross with conventional breeding parents to produce seedling families that yield 17% more than conventional families and 14% more than Tuberosum varieties. Although yields are high the tubers are small and marketable yields show a 10% reduction. Again, however, selected hybrids can be backcrossed to Tuberosum, this time producing a 14% increase in total yield and a 6% increase in marketable yield. Within these high-yielding families there is a wide range of variation for most traits, and an excellent opportunity for breeders to select superior new varieties.

The Groups Tuberosum and Andigena potatoes are tetraploid with four sets of chromosomes but 70% of the species in the potato germplasm pool are diploid (with only two sets of chromosomes). Since intercrossing tetraploids and diploids normally leads to a genetic dead end, a specific program is in place in Fredericton to overcome this crossing barrier. By manipulating chromosome numbers (a type of genetic

engineering) breeders can have access to the diploid gene pool and use it to produce vigorous high-yielding hybrids. For example, 21% of a population of 208 randomly selected hybrids derived from a tetraploid-diploid hybridization scheme produced marketable yields of Kennebec. The Guelph-bred Yukon Gold is the first commercial variety in North America, and perhaps in the world, which was developed by such a tetraploid-diploid crossing scheme.

Potato germplasm is being collected and maintained in several gene banks throughout the world. Major potato gene banks to which Canadian potato breeders have access include the USDA collection located at Sturgeon Bay, Wisconsin, the International Potato Center collection at Lima, Peru, as well as several European collections. The Fredericton program contributes actively to the actual collecting, as well as the management of the potato collection at Sturgeon Bay. Future breeding achievements in Canada and elsewhere will, in part, depend on the continued availability of wild and cultivated germplasm.

Drs. De Jong and Tarn are research scientists at Agriculture Canada Research Station, Fredericton, N.B.

naît d'un marché local au Panama un échantillon de variétés primitives dont l'une est aujourd'hui connue sous le nom de "Pourpre rugueuse du Chili". La variété Garnet du Chili en est issue et a servi à son tour dans le cadre de plusieurs programmes de sélection, de sorte qu'aujourd'hui, la plupart des variétés américaines et européennes proviennent de la variété Garnet du Chili.

Des variétés primitives (sauf la Pourpre rugueuse du Chili) et certaines espèces sauvages se rencontrent dans les généalogies d'au moins 17 des 27 variétés canadiennes homologuées pour la vente comme pomme de terre de semence au Canada en 1983. Les variétés primitives utilisées sont *S. tuberosum*, groupes Andigena (4 fois), Phureja (3) et Stenotomum (1). Les espèces sauvages qui figurent dans l'ascendance des variétés canadiennes comprennent *S. acaule* (5), *S. chacoense* (3), *S. comersonii* (4), *S. demissum* (10), *S. x edinense* (4), *S. kurtzianum* (1), *S. maglia* (4), *S. microdontum* (1), et *S. toralapatum* (1).

Les projets de sélection de la pomme de terre en cours au Canada font appel à des ressources génétiques dans deux domaines principaux, à savoir : a) la transmission de caractères particuliers et b) l'amélioration du rendement global.

Transmission de caractères particuliers

Il est souvent possible de rattacher certains gènes spécifiques pour la résistance aux maladies à l'introduction originelle de matériel génétique. Ainsi, il faut remonter cinq générations pour attribuer l'origine de l'immunité au virus X de la pomme de terre de la variété Jemseg de Fredericton à la variété primitive Villaroela cultivée par les indiens chilotes dans l'île Chiloé, du Chili méridional. Un autre exemple classique est l'utilisation du clone Andigena CPC 1673 de la collection de pommes de terre du Commonwealth. Sa résistance au nématode à kystes et son immunité au virus X ont été intégrées dans de nombreuses variétés modernes d'Europe et d'Amérique du Nord. Par exemple, la variété Simcoe de Guelph lui doit sa résistance au nématode à kystes.

Ce nématode n'a pas encore été signalé dans la partie continentale du Canada. Cependant, le fait qu'il soit largement répandu en Europe et en Amérique du Sud et qu'on ait déniché des foyers restreints dans l'État de New York ont donné lieu à des conjectures

voulant que d'autres foyers se manifestaient ailleurs. Pour contrer cette éventualité, les programmes de sélection en cours à Fredericton, Terre-Neuve et Guelph font appel à du matériel résistant. Outre le clone Andigena, plusieurs espèces sauvages comme *S. vernei* et *S. multidissectum* ont contribué à produire le niveau actuel de résistance au nématode à kystes dans les lignées avancées.

Les autres recherches permanentes en matière d'amélioration du potentiel génétique portent sur la possibilité de combiner divers caractères, comme la résistance à la gale, au mildiou, à la tumeur verruqueuse et à plusieurs virus issus de toute une gamme de ressources génétiques et de les transmettre à des lignées avancées. Grâce à l'utilisation de variétés primitives, on peut également espérer améliorer certains caractères de transformation comme l'aptitude à la fabrication de croustilles.

Amélioration du rendement global

On croit maintenant que la base génétique initiale des pommes de terre cultivées dans la zone tempérée du nord était tellement restreinte qu'en dépit de l'introduction d'autres espèces dans le passé, le réservoir de nouvelles variantes est en train de s'épuiser. En effet, les phytogénéticiens ont de plus en plus de mal à produire de nouvelles lignées recombinées à partir desquelles ils peuvent sélectionner de nouvelles variétés. Face à cette situation, les sélectionneurs de pommes de terre du Canada et d'ailleurs se tournent vers une utilisation plus généralisée du matériel génétique. Dans ce cas précis, le patrimoine héréditaire n'est pas seulement considéré pour sa valeur en regard de certains caractères, souvent simplement hérités, mais également comme blocs de construction pour élargir la base génétique.

Les pommes de terre Andigena primitivement cultivées dans les Andes nous offrent l'occasion d'effectuer des sélections afin d'améliorer le rendement. Il faut plusieurs cycles de croisement, d'évaluation et de sélection pour obtenir des clones Andigena adaptés à nos conditions climatiques; et même à ce stade, ces clones produisent un nombre assez considérable de petits tubercules et ne constituent pas de bonnes variétés. Mais les meilleurs sont croisés avec des parents de généalogie classique pour produire des familles de plants dont le rendement est de 17 % supérieur à celui des familles classiques et de 14 % plus élevé que celui des variétés Tuberosum.

Même si les rendements sont bons, les tubercules restent petits et la quantité commercialisable affiche une réduction de 10 %. Cependant, certains hybrides peuvent être rétrocroisés à Tuberosum pour produire, cette fois, un rendement total et commercialisable de 14 et 6 % plus élevé respectivement. Les familles très productives présentent une grande diversité de caractères et permettent aux phytogénéticiens de sélectionner de nouvelles variétés supérieures.

Les groupes Tuberosum et Andigena sont tétraploïdes et possèdent quatre génomes, mais 70 % des espèces contenues dans le réservoir de matériel génétique de la pomme de terre sont diploïdes (seulement deux génomes). Puisque le croisement de plants tétraploïdes et diploïdes mène généralement à un échec génétique, on a mis sur pied à Fredericton un programme particulier pour franchir cet obstacle. Grâce à des manipulations du nombre chromosomique (une branche du génie génétique), les phytogénéticiens peuvent avoir accès au réservoir de gènes diploïdes et l'utiliser pour produire des hybrides vigoureux et très productifs. Par exemple, 21 % de la population des 208 hybrides sélectionnés au hasard issus d'un programme d'hybridation tétraploïde-diploïde ont produit des rendements commercialisables de la variété Kennebec. La variété Yukon Gold de Guelph est la première variété commerciale en Amérique du Nord, et peut-être au monde, créée dans le cadre d'un programme de croisement de ce genre.

Le matériel génétique de la pomme de terre est recueilli et conservé dans de nombreuses banques de gènes réparties aux quatre coins du monde. Les principales banques auxquelles les sélectionneurs canadiens ont accès comprennent la collection du ministère de l'Agriculture des États-Unis située à Sturgeon Bay (Wis.), la collection du Centre international de la pomme de terre située à Lima, (Pérou) ainsi que plusieurs collections européennes. Le programme de Fredericton contribue activement à l'augmentation et à la gestion de la collection de pommes de terre de Sturgeon Bay. Les réalisations futures en matière d'amélioration de la pomme de terre au Canada et ailleurs dépendront partiellement de la disponibilité constante de matériel génétique sauvage et cultivé.

Les auteurs de cet article sont des scientifiques à l'emploi d'Agriculture Canada, à la Station de recherches de Fredericton, Nouveau-Brunswick.

Agroclimatic resource maps for agriculture in Canada

A.R. Mack and A. Bootsma

One of the basic resources of fundamental importance to agriculture in Canada is that of climate. We look at climate as the weather conditions that prevail in an area in the long term. While seasonal fluctuations in weather conditions may cause variation in crop yields from one year to the next, the climate determines what crops can be grown in a region over the long term. It also affects long-term management decisions on such aspects as planting and harvesting schedules of crops, disease control measures, fertilizer application practices, crop rotations, tillage methods and other cultural practices. Because climate has a significant influence on the production and management of crops and consequently on the net economic returns, it is important to understand the distribution of this resource. A knowledge of how the climate varies geographi-

cally may help in developing new crop management practices and applying research results from specific locations to wider areas. It will also help in planning new programs to overcome limitations imposed by the climate in different regions. For these and other reasons, the Agrometeorology Section of the Land Resource Research Institute has, over the years, attempted to characterize the climatic resource for agriculture.

In a previous edition of Canada Agriculture the production of an Agroclimatic Atlas of Canada was described in some detail (O'Hara, 1978). This project was planned and co-ordinated by Dr. W. Baier, when he was with the Agrometeorology Section. At that time a series of 17 maps at a scale of 1:5 million were prepared by W.K. Sly. The maps contained information on the spatial distribution of potential evapotranspiration, seasonal water deficits, climatic moisture indices, and dates of spring and fall freeze probabilities at various risk levels and critical temperatures of 0°C and -2°C. Since that report was published, new techniques for providing meaningful information on climatic parameters of importance to agriculture have been developed. Consequently

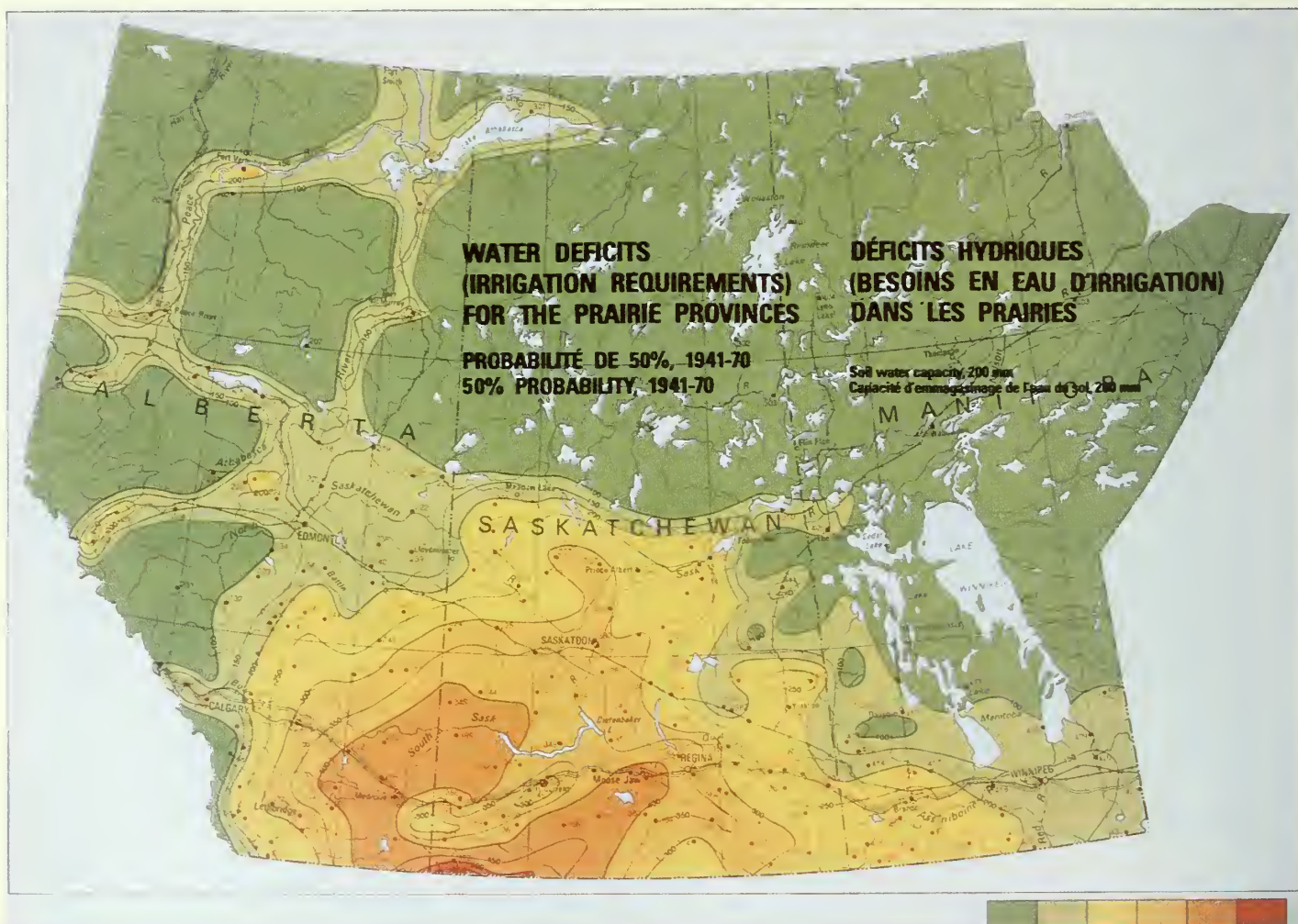


Figure 1 Water deficits (irrigation requirements) for the prairie provinces.

Figure 1 Carences hydriques (besoins en eau d'irrigation) dans les provinces des Prairies.

Cartes des ressources agroclimatiques pour l'agriculture au Canada

A.R. Mack et A. Bootsma

Le climat est une des ressources fondamentales pour l'agriculture au Canada. Pour nous, le climat représente les conditions météorologiques à long terme dans une région. Bien que les fluctuations saisonnières puissent faire varier le rendement des récoltes d'une année à l'autre, le climat détermine quels produits peuvent être cultivés dans une région. Le climat oriente également les décisions à longue échéance, en ce qui a trait, par exemple, aux calendriers de semis et de récolte, aux méthodes de lutte contre les maladies, aux techniques d'application des engrais, à la rotation des cultures, aux méthodes de travail du sol et à d'autres pratiques culturales. Comme les conditions climatiques influencent sensiblement la production et la conduite des cultures, et du même coup, les recettes nettes, il est important d'en comprendre la répartition. Ainsi, le fait de connaître comment le climat varie d'une région à l'autre peut être utile à la mise au point de nouvelles pratiques culturales et à l'application, à des régions plus vastes, des résultats de recherches obtenus à des endroits précis. Ces connaissances permettront également de mieux planifier de nouveaux programmes afin de surmonter les difficultés attribuables au climat dans les différentes régions. C'est en partie pourquoi la Section d'agrométéorologie de l'Institut de recherches sur les terres tente, depuis plusieurs années, de déterminer les ressources climatiques pour l'agriculture.

L'élaboration de l'Atlas agroclimatique du Canada a été décrite de façon assez détaillée (O'Hara, 1978) dans un numéro antérieur de *Canada Agriculture*. M. W. Baier, qui faisait alors partie de la Section d'agrométéorologie, a planifié et coordonné ce projet. À la même époque, W.K. Sly a préparé une série de 17 cartes à l'échelle de 1/5 000 000^e. Ces cartes fournissent des renseignements sur la répartition dans l'espace de l'évapotranspiration potentielle, sur les déficits saisonniers en eau, les indices d'humidité et les dates probables de gel à l'automne et au printemps, selon divers niveaux de risque, à des températures critiques de 0 et -2 °C. Depuis la publication de ce rapport, on a mis au point de nouvelles techniques qui permettent d'obtenir des données utiles sur les paramètres climatiques d'importance pour l'agriculture. Dix-sept autres cartes ont donc été dressées et seront ajoutées à l'Atlas.

On trouvera ci-après une brève description de ces cartes. Des renseignements plus complets sur les méthodes utilisées et les hypothèses formulées à partir des données obtenues ont été publiés dans un bulletin (Sly, 1982). Cette série de cartes a été établie à partir des données climatiques obtenues de 1941 à 1970.

Les six premières cartes indiquent les réserves estimatives d'eau dans le sol des provinces des Prairies (Alberta, Saskat-

chewan et Manitoba) où ces réserves peuvent constituer une importante source d'eau pour les cultures, en particulier dans les régions plus sèches. Les réserves moyennes ont été évaluées le 1^{er} et le 20 mai (dates de semis) de l'année qui suit la mise en jachère, ainsi que le 1^{er} octobre de l'année de la plantation. Les réserves au 1^{er} mai et au 1^{er} octobre de l'année de la jachère qui suit une plantation effectuée le 20 mai ont également été établies. Les estimations s'appliquent toutes à un système de rotation blé-jachère et sont présentées pour quatre différentes capacités de rétention d'eau des sols, soit 100, 150, 200 et 280 mm.

On a également dressé une carte des déficits moyens en eau ou des besoins en eau d'irrigation pour les provinces des Prairies, à partir des valeurs de capacité de rétention précitées. Au moment de calculer ce paramètre, on a présumé que les périodes et les systèmes d'irrigation doivent être tels que la quantité d'eau disponible pour la plante ne doit pas être inférieure à 50 % de la quantité maximale. Les besoins en eau d'irrigation se situent probablement près de la quantité maximale d'eau qu'il faudrait réserver à l'irrigation, au cours d'une année normale. La carte fournit également une bonne indication de l'effet de la capacité de rétention d'eau du sol sur les déficits en eau, dans chaque partie de la région. La figure qui précède illustre un exemple de déficit en eau pour une capacité de rétention de 200 mm.

Une série de six autres cartes fournit une estimation des températures estivales et annuelles moyennes du sol, à des profondeurs de 10, 20 et 50 cm, dans toutes les régions du Canada. Deux autres cartes indiquent la température moyenne du sol dans la région des Prairies, au 1^{er} et au 20 mai. La température du sol n'a pas fait l'objet d'études poussées par comparaison à d'autres paramètres, et les valeurs obtenues ont dû être déterminées à l'aide d'une technique mise au point par Ouellet (1973). Selon cette méthode, la température du sol est évaluée à partir de paramètres climatiques mesurés, par exemple la température de l'air et les précipitations. Le régime thermique du sol est une ressource utile en agriculture. Tout comme le degré d'humidité du sol, il constitue un élément important du système de classification des climats et des sols employé au Canada. La température du sol au printemps aide aussi grandement à déterminer à quel moment semer, et à améliorer le taux de germination et la croissance précoce des cultures. La température du sol peut également avoir un effet important sur, entre autres, le taux d'activité microbienne dans le sol, le rythme de décomposition de la matière organique, la transformation de l'azote, les procédés de transport, la formation des sols, la réaction des cultures à l'application d'engrais. À l'automne, la température du sol peut influencer le degré de meurtrissure des pommes de terre au moment de la récolte, et des températures inférieures au point de congélation peuvent causer des dégâts directs à la culture. La figure ci-après illustre une portion de carte qui contient les températures moyennes du sol à une profondeur de 10 cm pendant l'été.

Les deux dernières cartes de la série supplémentaire indiquent les ressources thermiques nécessaires à la maturation du blé et de l'orge au Canada et précisent le nombre de jours

an additional 17 maps have been prepared for the Atlas.

Following is a brief description of the additional maps that have become available. More complete details of the methods used and assumptions made in deriving the data for some of the maps have been published in a bulletin (Sly, 1982). Climatic data from the 1941-70 normal period were used throughout this set of maps.

The first six of the additional maps display estimated soil water reserves in the prairie provinces (Alberta, Saskatchewan and Manitoba), where these reserves can be an important source of water to the crop, particularly in the drier regions. Average soil water reserves are presented for May 1 and May 20 planting dates in the year following summerfallow and also on October 1 following planting dates of May 1 and May 20. Reserves on May 1 and October 1 of the summer-fallow year following a May 20 planting date were also mapped. The soil water reserve estimates are all based on a wheat-fallow rotation system and are presented for four different soil water holding capacities (WHC): 100, 150, 200 and 280 mm.

A map of average water deficits or irrigation requirements was also prepared for the prairie provinces using the WHC's mentioned above. When calculating this parameter it was assumed that irrigation scheduling and application procedures are such that the plant available water is not allowed to drop below 50% of the maximum. The irrigation requirements are probably close to the maximum amount of water that would need to be reserved for irrigation purposes in a normal year. The map provides a good indication of the effect of soil water holding capacity on water deficits in each part of the region. An example of a water deficit map for a WHC of 200 mm is shown in the figure above.

In a series of six maps, estimates of the mean annual and mean summer soil temperature at 10, 20 and 50 cm depths are displayed for all of Canada. An additional two maps of the prairie region display the mean soil temperature on May 1 and May 20. Soil temperatures are not very widely observed in comparison to some other above ground parameters, and therefore values were estimated using a technique developed by Ouellet (1973). This method estimates soil temperatures from more commonly measured climatic parameters such as air temperature and precipitation. The soil thermal regime is a valuable resource for agriculture, and along with soil moisture, is an important component of a soil climate classification system used in Canada. Soil temperatures in spring often play an important role in determining when crops can be planted and in the rate of germination and early growth of crops. Other areas where soil temperatures can have a significant influence are: the level of soil microbial activity; rate of breakdown of organic matter; the nitrogen transformation and transport processes that go on; soil formation processes; response of crop yields to fertilizer applications, and others. In the fall, soil temperatures may affect the amount of bruising caused to potatoes during harvesting, and below freezing temperatures may result in direct damage to the crop. A portion of a map displaying mean summer soil temperatures at 10 cm depth is shown in figure 2.

The final two maps in the added series display the thermal resources for maturing wheat and barley in Canada. The maps depict the number of days between the average date the crop is estimated to ripen and the average date of the first freeze. Ripening dates are estimated by a model which predicts the rate of development of the crop from daily temperatures and photoperiod (Robertson's biometeorological time scale,

Robertson, 1968). The average dates of the first autumn freeze are estimated from mean temperatures using empirical formulae. The information displayed on these maps can be a useful aid in assessing the potential of producing wheat and barley in fringe areas, and in identifying those areas which would be most sensitive to a climatic warming or cooling.

Overall, the maps which have been added to the Agroclimatic Atlas should bring about an increased awareness of the climatic resource base for agriculture at the national level. It should be noted, however, that these maps are prepared on a broad scale and represent average conditions within a region. Local variations within each zone may occur in areas where factors such as topography, surface vegetation, water bodies and shelter exert a significant influence on the climate at the micro- or meso-scale levels. In these cases, more detailed studies are needed for a more complete and accurate characterization of the agroclimatic resource base.

The maps which have been described were prepared by the Agrometeorology Section, Land Resource Research Institute, Research Branch and by K.W. Sly under contract to Agriculture Canada. Cartographic work was done by the Cartography Section of the Land Resource Research Institute. Printing was handled by the Surveys and Mapping Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.

The Agroclimatic Atlas is available on request from the Agrometeorology Section, Land Resource Research Institute, Research Branch, Agriculture Canada.

References

- O'Hara, S.K. 1978. Agroclimatic Atlas. Canada Agriculture, winter 1978, p. 26-27.
- Ouellet, C.E. 1973. Estimation of monthly soil temperatures from climatic data. Canada Department of Agriculture, Agromet Research and Services, Tech. Bull. 82, 31pp.
- Robertson, G.W. 1968. A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photoperiod. Int. J. Biometeor. 12(3): 191-223.
- Sly, W.K. 1982. Agroclimatic maps for Canada — derived data: soil water and thermal limitations for spring wheat and barley in selected regions. Agromet Tech. Bull. No. 88, Land Resource Research Institute, Agriculture Canada, 25pp.

Following is a complete list of all maps now available in the series:

- 1.1 Annual Potential Evapotranspiration, 50% Probability
- 1.2 Seasonal Potential Evapotranspiration, 50% Probability
- 1.3 Seasonal Water Deficits, 50% Probability
100 mm (3.9 in.) storage; consumptive use factor, 1.00
- 1.4 Seasonal Water Deficits, 10% Probability
100 mm (3.9 in.) storage; consumptive use factor, 1.00
- 1.5 Seasonal Water Deficits, 50% Probability
25 mm (0.98 in.) storage; consumptive use factor, 1.00
- 1.6 Seasonal Water Deficits, 10% Probability
25 mm (0.98 in.) storage; consumptive use factor, 1.00
- 1.7 Climatic Moisture Indices
- 2.1 Average Dates of Last Spring Freeze of 0°C (32°F), Derived Data
- 2.2 Average Dates of First Fall Freeze of 0°C (32°F), Derived Data
- 2.3 Average Freeze-Free Period, 0°C (32°F) Base, Derived Data
- 2.4 Dates of Last Spring Freeze of 0°C (32°F), 10% Probability, Derived Data

entre la date moyenne prévue de maturation et la date moyenne de la première gelée. Les dates de maturation sont déterminées selon un modèle qui permet de prévoir le taux de croissance d'une culture à partir des températures quotidiennes et de la photopériode (calendrier biométéorologique de Robertson, Robertson, 1968). Les dates moyennes du premier gel d'automne sont évaluées à partir des températures moyennes, à l'aide de formules empiriques. Les renseignements que fournissent ces cartes peuvent servir à évaluer la capacité de production du blé et de l'orge dans des régions avoisinantes, ainsi qu'à déterminer les régions les plus susceptibles de subir un réchauffement ou un refroidissement des températures.

En résumé, les cartes qui ont été ajoutées à l'Atlas agroclimatique devraient fournir davantage d'information sur les ressources climatiques pouvant servir à l'agriculture, à l'échelle nationale. Il y a lieu toutefois de souligner que ces cartes sont à grande échelle et qu'elles représentent les conditions moyennes d'une région. Ainsi, des variations peuvent se produire à l'intérieur de chaque zone, lorsque des facteurs tels que la topographie, la végétation en surface, les masses d'eau et les abris météorologiques influencent considérablement le climat, à petite et moyenne échelles. Dans ces derniers cas, il faut procéder à des études détaillées afin d'obtenir des renseignements plus complets et précis sur les ressources agroclimatiques.

Les cartes décrites dans le présent document ont été préparées par la Section d'agrométéorologie de l'Institut de recherches sur les terres, Direction générale de la recherche, en collaboration avec K.W. Sly, agent contractuel d'Agriculture Canada. Les travaux de cartographie ont été effectués par la Section de cartographie de l'Institut. Enfin, la Direction des levées et de la cartographie, d'Énergie, Mines et Ressources Canada, à Ottawa, s'est chargée de l'impression.

On peut se procurer l'Atlas agroclimatique en s'adressant à la Section d'agrométéorologie, Institut de recherches sur les terres, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada.

Bibliographie

O'HARA, S.K. « Atlas agroclimatique, » dans *Canada Agriculture*, hiver 1978, p. 26-27.

OUELLET, C.E. « Estimation of monthly soil temperatures from climatic data », dans *Bulletin technique Agromet*, n° 82, Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada, 1973, 31 p.

ROBERTSON, G.W. « A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photo-period », dans *Int. J. Biometeor*, vol. 12, n° 3, 1968, p. 191-223.

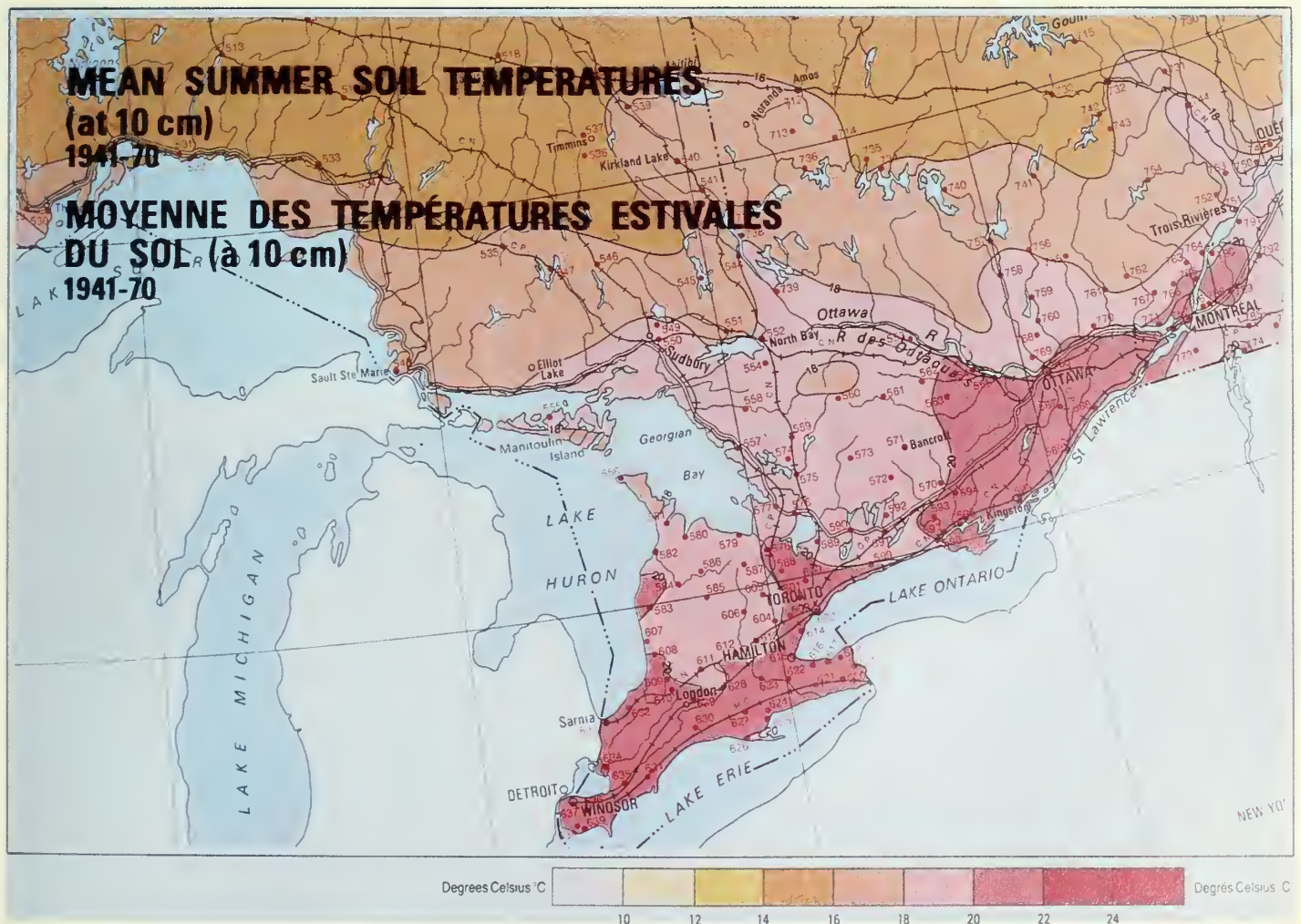


Figure 2 Températures moyennes du sol durant l'été (à 10 cm).

Figure 2 Mean summer soil temperatures (at 10 cm).

- 2.5 Dates of First Fall Freeze of 0°C (32°F), 10% Probability, Derived Data
- 2.6 Average Dates of Last Spring Freeze of -2°C (28°F), Derived Data
- 2.7 Average Dates of First Fall Freeze of -2°C (28°F), Derived Data
- 2.8 Average Freeze-Free Period, -2°C (28°F) Base, Derived Data
- 2.9 Dates of Last Spring Freeze of -2°C (28°F), 10% Probability, Derived Data.
- 2.10 Dates of First Fall Freeze of -2°C (28°F), 10% Probability, Derived Data
- 3.1 Soil Water Reserves for Spring Wheat on May 1 following summerfallow, May 1 planting — The prairie provinces. Crop-fallow rotation.
- 3.2 Soil Water Reserves for Spring Wheat on May 20 following summerfallow, May 20 planting — The prairie provinces. Crop-fallow rotation.
- 3.3 Soil Water Reserves on October 1 following May 1 Seeding of Spring Wheat — The prairie provinces. Crop-fallow rotation.
- 3.4 Soil Water Reserves on October 1 following May 20 Seeding of Spring Wheat — The prairie province. Crop-fallow rotation.
- 3.5 Soil Water Reserves on May 1 of the Summerfallow Year following a May 20 Seeding — The prairie provinces. Crop-fallow rotation.
- 3.6 Soil Water Reserves on October 1 of the Summerfallow Year following a May 20 seeding — The prairie provinces. Crop-fallow rotation.
- 3.7 Water Deficits (Irrigation Requirements) for the Prairie Provinces — 50% probability.
- 4.1 Mean Annual Soil Temperatures (at 10 cm) — Canada
- 4.2 Mean Annual Soil Temperatures (at 20 cm) — Canada
- 4.3 Mean Annual Soil Temperatures (at 50 cm) — Canada
- 4.4 Mean Summer Soil Temperatures (at 10 cm) — Canada
- 4.5 Mean Summer Soil Temperatures (at 20 cm) — Canada
- 4.6 Mean Summer Soil Temperatures (at 50 cm) — Canada
- 4.7 Mean Soil Temperature on May 1 for the prairie provinces
- 4.8 Mean Soil Temperature on May 20 for the prairie provinces
- 5.1 Thermal Resources for Maturing Spring Wheat in Canada
- 5.2 Thermal Resources for Maturing Barley in Canada

Dr Mack and Mr. Bootsma are research scientists in the Land Resource Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario.

Controlling grey disorder in flue-cured tobacco

N. Arnold and C. Chong

Grey tobacco, a disorder found in flue-cured tobacco, has been observed in Canada, U.S.A., Japan, Australia, Mexico, India, Pakistan and Zimbabwe (Rhodesia). In Canada it is found on some farms in all flue-cured tobacco growing areas of Quebec, Ontario, New Brunswick, Nova Scotia and Prince Edward Island.

Although it is estimated that only 0.4% of the total Quebec and Ontario flue-cured tobacco crop of 103,488,160 kg was affected in 1980, up to 25% or more of the crop on certain farms had the grey disorder. No estimate is available for the Maritime Provinces. In the 1960's, the quantity of grey tobacco in the Ontario flue-cured crop was such that 11 "K" grades were established to differentiate this disorder from other tobacco disorders under the Ontario Farm Products Grades and Sales Act (1961). All grey tobacco, irrespective of cause, is included in these grades.

The poor quality of grey tobacco may cause considerable loss to the grower. For example, in 1980, the price for grey tobacco was between 110 and 154 ¢/kg less than for normal tobacco (non-grey lemon or orange grades).

Leaves of grey tobacco plants prior to harvest are yellow and plants seem to be deficient in nitrogen (figure 1), have a poor growth rate, are small and have spindly stems. Lower leaves are yellow to bronze over the entire surface of the leaf while those in the middle and upper sections of the plant are ashen to grey-green. Top leaves are upright and form an angle of less than 90° with the main stem. Margins of the lower leaves are less wavy and have a more even leaf surface than non-grey tobacco. Top leaves of grey tobacco are barely bent back, are poorly developed and the lamina forms a "V" shape with respect to the midrib. Leaf edges in some cases may cup downward.

Coincident with the development of the bronze cast, a speckled (spotted) effect is apparent on the upper surface of the basal leaves, and the speckling develops in the next higher leaves with time until the effect is apparent in the top leaves. Basal leaves from severely affected plants may become entirely necrotic.

Within a given leaf the speckling is first evident at the tip of the leaf, progresses down the margins towards the midrib until the whole leaf is affected (figure 2). Close examination of the leaf shows the spotting to be non-necrotic. Occasionally, the effect may be present on only one-half (longitudinally) of the leaf surface which may be caused by a lack of cross-transference within the leaf of the element(s) causing the spotting effect, or the effect may be barely visible or even localized on leaves that are almost fully expanded.

Previous investigators have attempted to relate speckled grey tobacco to an excess of different micronutrients, such as iron, manganese and nitrogen deficiency. However, other types of grey tobacco, seemingly unrelated to micronutrients, have been described as muddy grey, uneven muddy colored, muddy orange to slatey and have been associated with excess chlorine. Recent reports indicate that slatey to grey-sponge appearance in the cured leaf may be formed in crops insufficiently fertilized with nitrogen, which have become over mature in the field especially after soils have been subjected to leaching rains. The ripening agent Ethephon, used at high concentrations, has also been implicated in the intensification of the grey effect; rapid drop in ambient daytime temperatures, combined with cool night temperatures, may also cause tobacco to cure grey. It is evident from the foregoing that there appears to be different causes for grey tobacco and the appearance of the grey leaf, cured or uncured, is quite varied.

Most flue-cured tobacco in Quebec is grown on Podzolic soils. These soils have limited productivity because of inherent infertility, poor climate, stoniness, closeness to bedrock, imperfect drainage or iron pans. At the L'Assomption Experimental Farm of the St. Jean Research Station, we found

SLY, W.K. « Cartes agroclimatiques pour le Canada — Données dérivées : limites imposées par la température et l'eau du sol pour le blé et l'orge de printemps dans quelques régions choisies », dans *Bulletin technique Agromet*, n° 88, Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada, 1982, 25 p.

Liste des cartes

- 1.1 Évapotranspiration potentielle annuelle, probabilité de 50 %
- 1.2 Évapotranspiration potentielle saisonnière, probabilité de 50 %
- 1.3 Déficits en eau saisonniers, probabilité de 50 %
Capacité d'emmagasiner de 100 mm (3,9 po); facteur de consommation de 1,00
- 1.4 Déficits en eau saisonniers, probabilité de 10 %
Capacité d'emmagasiner de 100 mm (3,9 po); facteur de consommation de 1,00
- 1.5 Déficits en eau saisonniers, probabilité de 50 %
Capacité d'emmagasiner de 25 mm (0,98 po); facteur de consommation de 1,00
- 1.6 Déficits en eau saisonniers, probabilité de 10 %
Capacité d'emmagasiner de 25 mm (0,98 po); facteur de consommation de 1,00
- 1.7 Indices d'humidité climatique
- 2.1 Dates moyennes du dernier gel de printemps de 0 °C (32 °F), données dérivées
- 2.2 Dates moyennes du premier gel d'automne de 0 °C (32 °F), données dérivées
- 2.3 Période moyenne sans gel, base de 0 °C (32 °F), données dérivées
- 2.4 Dates du dernier gel de printemps de 0 °C (32 °F), probabilité de 10 %, données dérivées
- 2.5 Dates du premier gel d'automne de 0 °C (32 °F), probabilité de 10 %, données dérivées
- 2.6 Dates moyennes du dernier gel de printemps de -2 °C (28 °F), données dérivées
- 2.7 Dates moyennes du premier gel d'automne de -2 °C (28 °F), données dérivées
- 2.8 Période moyenne sans gel, base de -2 °C (28 °F), données dérivées
- 2.9 Dates du dernier gel de printemps de -2 °C (28 °F), probabilité de 10 %, données dérivées
- 2.10 Dates du premier gel d'automne de -2 °C (28 °F), probabilité de 10 % données dérivées
- 3.1 Réserves en eau du sol le 1^{er} mai utilisables par le blé de printemps le 1^{er} mai. Semences au 1^{er} mai — les provinces des Prairies. Rotation: jachère-culture.
- 3.2 Réserves en eau du sol le 20 mai utilisables par le blé de printemps le 20 mai. Semences au 20 mai — les provinces des Prairies. Assolement: jachère-culture.
- 3.3 Réserves d'eau du sol le 1^{er} octobre suivant un semis de blé de printemps le 1^{er} mai — Les provinces des Prairies. Assolement: culture-jachère.
- 3.4 Réserves d'eau du sol le 1^{er} octobre suivant un semis de blé de printemps le 20 mai — Les provinces des Prairies. Assolement: culture-jachère.
- 3.5 Réserves d'eau du sol le 1^{er} mai de l'année de jachère suivant un semis le 20 mai — Les provinces des Prairies. Assolement: culture-jachère.
- 3.6 Réserves d'eau du sol le 1^{er} octobre de l'année de jachère suivant un semis le 20 mai — Les provinces des Prairies. Assolement: culture-jachère.
- 3.7 Déficits hydriques (besoins en eau d'irrigation) dans les Prairies. Probabilité de 50 %.
- 4.1 Moyenne des températures annuelles du sol (à 10 cm) — Canada
- 4.2 Moyenne des températures annuelles du sol (à 20 cm) — Canada
- 4.3 Moyenne des températures annuelles du sol (à 50 cm) — Canada
- 4.4 Moyenne des températures estivales du sol (à 10 cm) — Canada
- 4.5 Moyenne des températures estivales du sol (à 20 cm) — Canada
- 4.6 Moyenne des températures estivales du sol (à 50 cm) — Canada
- 4.7 Moyenne des températures du sol le 1^{er} mai pour les provinces des Prairies.
- 4.8 Moyenne des températures du sol le 20 mai pour les provinces des Prairies
- 5.1 Ressources thermiques nécessaires au développement complet du blé de printemps au Canada
- 5.2 Ressources thermiques nécessaires au développement complet de l'orge au Canada

Les auteurs sont les chercheurs scientifiques à l'Institut de recherches sur les terres d'Agriculture Canada, à Ottawa.

Lutte contre la maladie grise du tabac jaune

N. Arnold et C. Chong

Le tabac gris, trouble physiologique qui frappe le tabac jaune, a été observé au Canada, aux États-Unis, au Japon, en Australie, au Mexique, en Inde, au Pakistan et au Zimbabwe. Au Canada, il se manifeste dans certaines fermes dans toutes les régions productrices de tabac jaune du Québec, de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard.

Même si, selon les calculs, 0,4 % seulement de toute la récolte de tabac jaune au Québec et en Ontario (103 488 160 kg) était atteinte du mal en 1980, certains fer-

miers voyaient jusqu'à 25 % ou plus de leur production en être frappée. Aucun chiffre n'a cependant été avancé pour les provinces Maritimes. Dans les années 60, la quantité de tabac gris dans la récolte de tabac jaune de l'Ontario était telle que l'on a établi 11 catégories « K » pour différencier ce trouble des autres maladies du tabac aux termes de la Loi sur le classement et la vente des produits agricoles (1961) de l'Ontario. Tout le tabac gris, quelle qu'en soit la cause, tombe dans ces catégories.

Parce qu'il est de qualité médiocre, le tabac gris peut entraîner des pertes considérables pour le producteur. En 1980 par exemple, il valait entre 110 et 154 c./kg de moins que le tabac normal (catégories jaune citron ou jaune orange non gris).

Avant la récolte, le tabac gris se manifeste par un feuillage jaune, une carence apparente en azote (Figure 1), une croissance médiocre et des tiges grêles. Les feuilles de pied prennent



Figure 1 A field of untopped grey flue-cured tobacco showing poor plant development. The yellow basal leaves indicate the plants are growing under nutritional stress.

Figure 1 Champ de plants de tabac jaune non écinés, atteints de la maladie grise, affichant un développement médiocre. Le jaunissement des feuilles de pied révèle une croissance soumise au stress d'une carence.

that grey tobacco grows on level to steeply sloped land, on recently deforested land, in areas of fields where subsoil excavated from ditches or ponds was spread over the soil surface and where the water table was suspected to be high. Soils producing grey tobacco had significantly less nitrogen, calcium, organic matter and a lower cation exchange capacity. Although grey tobacco leaves have significantly less nitrogen and other macronutrients compared with non-grey tobacco, they contain considerably more micronutrients such as iron which seems to be a primary cause of the spotting effect in grey tobacco.

We are now evaluating the use of commercially prepared nitrogen, phosphorus and potassium tobacco fertilizer, lime and manure in the control of grey tobacco. We have learned that under greenhouse conditions, nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers seem to have no direct effect on the control of the grey tobacco. Lime (1716 kg/ha) was effective in reducing grey tobacco by 62%, compared with the control treatment (Table 1); however 8.2 tonnes/ha of cattle manure had a more dramatic effect decreasing the per cent grey tobacco by 94%. When lime and manure were combined the grey effect was reduced to between 0 and 1 per cent. Lime and manure increased soil pH and reduced iron, manganese

and magnesium in the leaf. Consequentially quality index (¢/kg) and \$/ha were augmented. Manure was the only treatment to increase leaf dry weight.

We are gaining an understanding in the processes involved in the cause of the grey disorder related to excess micronutrients and the soil conditions implicated in grey tobacco. This knowledge will not only help in controlling the grey disorder but will improve the quality of the tobacco leaf and increase the monetary return to the growers.

Table 1. The influence of lime and manure on per cent grey tobacco of total graded weight of flue-cured tobacco grown in soil known to produce grey tobacco.

Manure (Tonnes/ha)	Dolomitic Lime (kg/ha)		
	0	858	1716
0	98	62	36
4.1	88	0	0
8.2	4	1	1

Dr Arnold is a research scientist at the L'Assomption Experimental Farm.

Dr Chong is a professor of Plant Science, MacDonald College St. Anne de Bellevue, Quebec.

une coloration jaune bronze sur toute leur surface, tandis que les parties médianes et supérieures de la plante présentent une teinte entre gris cendré et gris vert. Elles ont un bord plus ondulé et une surface plus lisse que chez le tabac sain. Quant aux feuilles de tête, elles sont dressées et forment un angle aigu avec la tige principale. Leur pointe est à peine recourbée, elles sont mal développées et leur limbe se creuse en V le long de la nervure centrale. Parfois, le bord des feuilles s'incurve vers le bas.

Parallèlement à l'apparition d'une teinte bronzée, des taches se manifestent sur la face supérieure des feuilles de pied, et s'étendent graduellement aux feuilles immédiatement au-dessus pour atteindre éventuellement les feuilles de tête. Les feuilles de pied des plantes gravement atteintes sont parfois entièrement nécrosées.

Pour une feuille donnée, la tacheture se manifeste d'abord à la pointe, puis s'étend des bords jusqu'à la nervure centrale pour couvrir finalement toute la surface (Figure 2). En examinant la feuille de près, on constate que ce phénomène n'est pas nécrotique. Parfois, une moitié seulement de la feuille (par rapport à l'axe longitudinal) est touchée. Cela s'expliquerait par l'absence de transfert de part et d'autre de la nervure centrale de l'élément (ou des éléments) responsable(s) du phénomène. Parfois, aussi, la tacheture est à peine visible ou encore localisée aux feuilles presque entièrement déployées.

Des chercheurs ont déjà essayé d'expliquer le phénomène du tabac tacheté gris par une intoxication par différents oligo-éléments, comme le fer ou le manganèse, et une carence en azote. Cependant, d'autres types de tabac gris, sans rapport apparent avec l'action d'oligo-éléments, ont été décrits par les expressions « grisâtre, gris brouillé, orange grisâtre ou ardoise » et associés à un excès de chlore. D'après de récents rapports, les teintes entre l'ardoise et le gris spongieux du tabac jaune apparaîtraient dans les cultures insuffisamment azotées, qui auraient dépassé le stade de mûrissement au champ, notamment après des pluies lessivantes. L'éthéphon, agent de mûrissement, pourrait intensifier le phénomène s'il était utilisé à fortes concentrations. De même, la chute rapide de la température diurne ambiante, combinée à des nuits froides, pourraient aussi occasionner ce phénomène. On peut donc conclure qu'il existe différentes causes du tabac gris et que l'apparence de la feuille grise, séchée ou non, varie beaucoup.

Au Québec, la majeure partie du tabac jaune est cultivée sur les sols podzoliques. Ces sols ont une productivité limitée à cause de leur infertilité inhérente, de leur pierrosité, de la proximité du roc sous-jacent, d'un mauvais drainage, de la formation d'aliots et d'un climat rigoureux. À la Ferme expérimentale de l'Assomption, qui relève de la Station de recherches de Saint-Jean, nous avons découvert que la culture du tabac se faisait sur des terres planes ou légèrement inclinées, sur des étendues récemment déboisées, dans des champs où le sous-sol excavé des rigoles ou des marais avait été épandu à la surface et là où l'on soupçonnait une nappe d'eau phréatique élevée. Les sols qui produisent du tabac gris sont nettement plus pauvres en azote, en calcium et en matière organique, et ont une capacité d'échange cationique moindre. Bien que les feuilles de tabac gris contiennent nettement moins d'azote et d'autres éléments majeurs que le tabac normal, elles ont considérablement plus d'oligo-éléments comme le fer. Ce dernier semble être une cause majeure de tacheture.

À l'heure actuelle on est en train d'évaluer l'emploi d'engrais commerciaux d'azote, de phosphore et de potassium pour le tabac, ainsi que de chaux et de fumier dans la lutte contre le tabac gris. On a appris qu'en serriculture, les engrais



Figure 2 Vue rapprochée d'une feuille grise montrant l'effet de tacheture. La décoloration se manifeste aussi là où les nervures secondaires s'amincissent.

Figure 2 A close-up view of a grey leaf showing the speckled (spotted) effect. Note the discoloration is also evident where the secondary veins narrow.

d'azote, de phosphore et de potassium ne semblent avoir aucune action directe contre le tabac gris. La chaux (1716 kg/ha) a permis de réduire la fréquence du mal de 62 %, comparativement au témoin (Tableau 1). Par ailleurs, le fumier de bovin appliqué à raison de 8,2 t/ha a eu un effet plus marqué puisqu'il a diminué la fréquence du mal de 94 %. Quand l'on a combiné chaux et fumier, la fréquence du tabac gris est tombée, entre 0 et 1 %. Ensemble, ils ont augmenté le pH et réduit la teneur en fer, en manganèse et en magnésium de la feuille. Par conséquent, l'indice de qualité (c./kg) et la rentabilité (\$/ha) ont augmenté. L'application de fumier est le seul traitement qui a permis d'accroître le poids sec de la feuille.

Nous en apprenons toujours davantage sur le processus qui intervient lors de l'apparition du tabac gris suite à une intoxication en oligo-éléments et sur les conditions du sol qui favorisent ce phénomène. Forts de ces connaissances, non seulement serons-nous plus en mesure de lutter contre le tabac gris, mais nous pourrions également améliorer la qualité de la feuille de tabac et accroître les revenus à la production.

Tableau 1. Action de la chaux et du fumier sur le pourcentage de tabac gris entrant dans le poids total des catégories de tabac jaune cultivé sur les sols connus pour produire du tabac gris.

Fumier (t/ha)	Chaux dolomitique (kg/ha)		
	0	858	1716
0	98	62	36
4,1	88	0	0
8,2	4	1	1

N. Arnold est chercheur à la Ferme expérimentale de l'Assomption. C. Chong travaille au département de phototechnie du Collège Macdonald.

Bacterial leaf spot and black stem necrosis of chrysanthemum

J.A. Matteoni

Ornamental flower and foliage plant sales in Canada were valued at \$216 million in 1981, and are estimated at about the same for 1982. Over \$121 million of this is from Ontario alone. Chrysanthemums have been one of the most popular as cut flowers or potted plants, as cut flowers they have been second only to roses.

In the spring of 1983 a leaf spot disease caused significant damage to several pot chrysanthemum varieties being finished for sale. Some growers were forced to discard pots of the more susceptible varieties, and to remove infected stems from others. The disease also became a problem in garden mums being sold as bedding plants.

Isolations were made from infected plants to determine the cause of the leaf spot. Bacteria were purified, characterized biochemically, and identified as *Pseudomonas cichorii*. This bacterium was isolated repeatedly from infected plants, and when healthy chrysanthemums were inoculated with the bacterium, typical disease symptoms developed.

This is the first isolation of *P. cichorii* from chrysanthemum in Canada. A wide variety of other plants are susceptible to this bacterium, including geranium, gerbera, larkspur, calendula, African violet, and many foliage plants. Tomato, cabbage, lettuce, celery, clover, beet, and tobacco are also susceptible. Some growers rotate other susceptible hosts with chrysanthemum. Recently, in Florida over 2 acres of chrysanthemums were lost to this disease, including 90% of the susceptible cultivars. For these reasons, it is necessary to identify the resistant chrysanthemum varieties, and learn more of the disease in pot mums.

To study the disease, potted chrysanthemums are inoculated with the bacterium in several different ways. Bacteria



Figure 1 Inoculating chrysanthemum leaves. As the leaf is pricked with the insect pins, bacterial suspension is released from sponges upon contact with leaf.

Figure 1 Inoculation de feuilles de chrysanthème. En même temps que la feuille est perforée à l'aide des épingles à insectes, une suspension bactérienne est libérée d'éponges en contact avec la feuille.

Tache foliaire et tige noire du chrysanthème

J.A. Matteoni

On évalue à 216 millions de dollars les ventes de fleurs ornementales et de plantes vertes au Canada en 1981 et on estime qu'elles se maintiendront à un niveau à peu près semblable en 1982. En Ontario seulement, leur montant dépasse 121 millions. Les chrysanthèmes sont parmi les fleurs coupées et les plantes en pot les plus recherchées. Elles ne cèdent leur rang qu'aux roses comme fleurs coupées.

Au printemps de 1983, une maladie foliaire a causé de nombreux dégâts chez plusieurs variétés de chrysanthèmes en pot, annulant par le fait même leur valeur marchande. Certains producteurs ont été obligés d'éliminer les pots des variétés les plus sensibles et de supprimer les tiges infectées des autres. La maladie a également posé un problème chez les chrysanthèmes de jardin vendues comme fleurs à plates-bandes.

On a fait des isollements des plants infectés pour déterminer la cause de cette tache foliaire. Certaines bactéries ont été purifiées, caractérisées biochimiquement et identifiées comme étant *Pseudomonas cichorii*. Cette bactérie a été isolée régulièrement des plants infectés et a provoqué l'apparition de symptômes typiques de la maladie lorsqu'on l'a inoculée à des chrysanthèmes sains.

Il s'agit du premier cas d'isolement de *P. cichorii* du chrysanthème au Canada. Toute une gamme d'autres plantes y sont sensibles, dont le géranium, le gerbéra, la dauphinelle, le souci, la violette africaine et de nombreuses plantes vertes. La tomate, le chou, la laitue, le céleri, le trèfle, la betterave et le tabac y sont également sensibles. Certains producteurs font la rotation de ces autres espèces sensibles avec le chrysanthème. Récemment, plus d'un hectare de chrysanthèmes a été perdu en Floride à cause de cette maladie, dont 90 % des cultivars sensibles. C'est pourquoi il est nécessaire d'identifier les variétés de chrysanthèmes résistantes et d'étudier davantage la maladie des chrysanthèmes en pot.

Pour ce faire, les chrysanthèmes en pot sont inoculés de plusieurs façons. La bactérie exige généralement des lésions ou des ouvertures naturelles comme les stomates et les nectaires pour pouvoir infecter les plants. Puisque la maladie peut s'attaquer aux feuilles, aux tiges et aux fleurs du chrysanthème, diverses méthodes d'inoculation doivent être utilisées pour chaque type d'infection. Des plants de divers âges et stades de croissance (végétative ou floraison) sont testés parce que les feuilles plus vieilles ou matures sont plus sensibles à l'infection.

Les spécialistes ont recours à quatre méthodes d'inoculation. L'une d'elles consiste à piquer les feuilles pour leur introduire une suspension aqueuse de bactéries (Figure 1). De la même façon, des suspensions bactériennes sont introduites avec une seringue dans les lésions pratiquées dans les tiges.

En même temps qu'on inocule des feuilles et des tiges, on extirpe le point de croissance herbacé de certains plants et on pince les dix premiers centimètres de la pousse d'autres plants. La plaie de la taille est ensuite inoculée avec une goutte de suspension bactérienne. Or, les producteurs effectuent couramment ce genre de pincement et les lésions ainsi laissées à découvert pourraient bien servir de porte d'entrée aux bactéries. Un quatrième type d'inoculation consiste à pulvériser des suspensions de bactéries sur des plants en fleurs afin d'infecter les fleurs et les boutons, ainsi que les feuilles. Pour



Figure 2 Lésions 10 jours après l'inoculation foliaire.

Figure 2 Lesions 10 days after leaf inoculation.

cela, on atomise diverses concentrations de bactéries sur les boutons parvenus à divers stades de développement. Tous les plants sont ensuite conservés en sacs de plastique sous nébulisation pour garder les feuilles humides, condition favorable à l'infection bactérienne.

Les symptômes produits par ces inoculations sont identiques à ceux observés dans certaines serres de l'Ontario (Figures 2 et 3). En effet, des taches sombres à peu près circulaires apparaissent sur les feuilles. Elles fusionnent pour former de grandes plages qui, par temps humide, peuvent provoquer l'affaissement de la feuille entière. Les taches sont molles lorsque le degré d'humidité est élevé, mais par temps sec, les îlots atteints s'enfoncent et deviennent cassants. Les lésions sèches peuvent s'effriter et tomber des feuilles en leur donnant l'apparence d'être en lambeaux. Les inoculations de la tige provoquent la formation d'îlots sombres brun rougeâtre à noir. Ces lésions se répandent verticalement et peuvent parfois entourer complètement la tige. En pareil cas, la pousse située au-dessus de la zone affectée finit par mourir. Les variétés particulièrement sensibles peuvent être gravement atteintes par *P. cichorii*.

Les fleurs et les boutons peuvent aussi être infectés. L'infection des sépales verts gagne souvent la fleur elle-même. Au fur et à mesure que les pétales se développent, ils deviennent bruns à la base et se flétrissent. Les fleurs atteintes ressemblent à celles affectées par la brûlure ascochytiq. Les infections des boutons et des feuilles peuvent également s'attaquer à la tige.

Les plants sont observés pendant deux semaines après l'inoculation. Les données recueillies comprennent le nombre de lésions qui se forment sur les feuilles et les tiges, le taux d'agrandissement des lésions des feuilles et des tiges, la fréquence d'infection florale et la taille des lésions qui se développent au point de pincement. La résistance s'exprime par un taux d'infection moindre après inoculation, un développement plus lent des lésions sur les feuilles et les tiges et une réduction de la propagation de l'infection à partir des feuilles et des fleurs vers les tiges.

Jusqu'à présent, plus de 25 variétés de chrysanthèmes ont été essayées sous forme de jeunes plants et certaines tendances se dessinent. Par exemple, toutes les variétés sont sensibles

generally require wounds or natural openings such as stomata and nectaries for infection to occur. Because chrysanthemum leaves, stems, and flowers may become infected, different inoculation methods must be used for each type of infection. Plants of different ages and phases of growth (vegetative or flowering) are tested because older or mature leaves are more susceptible to infection.

Four inoculation methods are used. One inoculation method involves pricking the leaves while introducing a water suspension of bacteria (Figure 1). In a similar manner, for stems, bacterial suspensions are passed through wounds made with a syringe.

At the same time as leaf and stem inoculations, the succulent growing point is removed from some plants, and the top 10 cm of the shoot is removed from others. The cut surface is then inoculated with a droplet of bacterial suspension. These soft and hard pinches are routinely done by growers, and might serve as wounds through which the bacteria can infect. A fourth type of inoculation involves spraying bacterial suspensions on flowering plants in order to infect the flowers and buds as well as the leaves. Varying concentrations of bacteria are misted onto buds in different stages of development. All plants are kept in plastic bags or under mist in order to keep leaves moist, a condition favourable for bacterial infection.

Symptoms produced by these inoculations are identical to those seen in Ontario greenhouses (Figures 2 and 3). Dark, roughly circular spots develop on leaves. These spots coalesce to form large blotches, and under wet conditions whole leaves may collapse. The spots are soft when moist, but when dry, the dead areas become sunken and brittle. Dry lesions may crumble and fall out of the leaf, leaving a tattered appearance. From the stem inoculations, dark reddish-brown to black areas develop. These lesions spread vertically and sometimes may extend completely around a stem. When this happens, the shoot above the dead area eventually dies. Varieties which are particularly susceptible can be severely blighted by *P. cichorii*.

Flowers and flower buds also can become infected. Infections of the green sepals often spread into the flower itself. As the petals enlarge, they become brown at the base and wither. Flowers affected by this disease look similar to those affected by *Ascochyta* flower blight. Both bud and leaf infections can spread into the stem.

Plants are observed for two weeks after inoculation. Data include the number of lesions which develop on leaves and stems, rates of enlargement of leaf and stem lesions, frequency of flower infection, and size of lesions which develop on soft and hard pinches. Resistance is expressed as fewer infections after inoculations, slower development of lesions on leaves and stems, and decreased spread of infection from leaves or flowers into stems.

To date over 25 chrysanthemum varieties have been tested as young plants, and some trends are becoming evident. All varieties were susceptible to some degree. In general, varieties which were particularly susceptible to leaf infection are also quite susceptible to stem infection. Examples are 'Hostess' and 'Copper Hostess'. Similarly, 'Jade', 'Jasmine', 'Sequest' and 'Sequoia' were more resistant to leaf and stem infection than most other varieties. Smaller leaf lesions developed on 'Surf' and 'Fiesta' than any other variety, and stem infections were rare.

It does appear that closely related varieties responded similarly to inoculation with *P. cichorii*. This is evident with 'Sequest' a yellow sport, and its bronze-coloured parent,

'Sequoia', on which few leaf lesions resulted. Because flower inoculations have just begun, we don't know if susceptibility to flower infection will parallel susceptibility to leaf and stem infection. It is unknown whether flower type (eg. pompom, decorative, spider mum types) or colour is related to susceptibility.

Some diseases of chrysanthemum are systemic, but this disease is not. Even in the stem lesions, the conductive tissues are not infected. Plants with leaf spots and stem lesions can produce healthy appearing shoots. When rooted, these shoots grow into noninfected plants.

Both soft and hard pinches cause wounds where infection can begin. Lesions are larger at hard pinch sites, probably because the stem tissue is older. As the lesions expand, buds growing below the pinch may become blighted. All varieties may develop stem lesions below a hard pinch, but smaller lesions developed on 'Surf' and 'Fiesta'.

Water is very important for disease development. Without water, leaf spots will not develop, and existing spots will not enlarge. When severely infected plants are grown under dry conditions for four to six weeks, the leaf lesions dry out and cease to enlarge. When returned to regular misting, conditions favorable for disease development, very few of the old spots continue to enlarge, and the new growth remains healthy. Stem lesions and flower infections will, however, continue to enlarge slowly without water.

The most effective control of bacterial leaf spot is to avoid splashing water and to keep foliage dry. Overhead watering should be minimal. Dripping water from condensation or from leaks is a very effective means of spreading bacteria from plant to plant. Move plants away from such areas. Good ventilation is also important in order to dry out the foliage, but strong air currents can spread bacteria in a mist.

Some general practices will help reduce the incidence of bacterial leaf spot and steam necrosis. Stock plants should be grown under dry conditions. If the disease is present, destroying infected plants and maintaining dry foliage will limit spread of bacteria. Overhead watering should be avoided. The use of clean cutting tools will eliminate spread of bacteria while making soft and hard pinches.

In some situations when the bacterium is present, leaf spot and stem necrosis will be difficult to control. Foliage stays wet longer when weather is cool and damp outside. There is more condensation dripping in plastic than in glass houses, and not all growers have an alternative to overhead watering. Resistant varieties should be used in these conditions. Only young plants have been tested by leaf and stem inoculation, but as flower inoculations on older plants are completed, the answer to resistance will be clearer.

Dr Matteoni is a research scientist at Agriculture Canada Research Station, Vineland Station, Ontario.

References

1. Jones, J.B., Englehard, A.W., and Raju, B.C. 1983. Outbreak of a stem necrosis on chrysanthemum incited by *Pseudomonas cichorii* in Florida. *Plant Disease* 67:431-433.
2. Jones, J.B., Raju, B.C., and Englehard, A.W. 1984. Effects of temperature and leaf wetness on development of bacterial spot of geraniums and chrysanthemums incited by *Pseudomonas cichorii*. *Plant Disease* 68:248-251.
3. Wilkie, J.P., and Dye, D.W. 1974. *Pseudomonas cichorii* causing tomato and celery diseases in New Zealand. *N.Z. J. Agric. Res.* 17:123-130.

jusqu'à un certain point. En général, les variétés particulièrement sensibles à l'infection foliaire sont également très sensibles à l'infection de la tige. Citons par exemple les variétés Hostess et Copper Hostess. De même, les variétés Jade, Jasmine, Sequest et Sequoia s'avèrent plus résistantes à l'infection des feuilles et des tiges que la plupart des autres variétés. En outre, les lésions foliaires des variétés Surf et Fiesta sont plus petites que sur toute autre variété et les infections des tiges sont plutôt rares.

Il semble que les variétés étroitement apparentées réagissent de façon comparable à une inoculation avec *P. cichorii*. Cette hypothèse se vérifie avec le mutant de couleur jaune Sequest et son parent de couleur bronzée Sequoia qui ne manifeste que peu de lésions foliaires. Comme les inoculations des fleurs ne font que commencer, nous ne savons pas encore si la sensibilité à l'infection florale pourra se comparer à la sensibilité à l'infection des feuilles et des tiges. On ne sait pas encore si le type de fleurs (p. ex., types pompon, décoratif, araignée) ou la couleur a quelque chose à voir avec la sensibilité.

Certaines maladies du chrysanthème sont systémiques, mais celle-ci ne l'est pas. Même dans les lésions de la tige, le tissu vasculaire n'est pas infecté. En effet, les plants atteints de taches foliaires et de lésions de la tige peuvent produire des pousses d'apparence saine. Une fois enracinées, ces pousses donnent des plants normaux, c'est-à-dire non infectés.

Les pincements herbacés et ligneux provoquent des lésions qui peuvent servir de porte d'entrée à l'infection. Les lésions sont plus étendues aux points de pincement de tissus ligneux, probablement à cause de l'âge plus avancé des tissus de la tige. À mesure que les lésions s'agrandissent, les boutons qui poussent sous le point de pincement peuvent montrer des symptômes de brûlure. Toutes les variétés peuvent manifester des lésions de la tige en dessous d'un point de pincement de

tissu ligneux, mais les variétés Surf et Fiesta affichent des lésions plus petites.

L'eau est un facteur capital dans le développement de la maladie. Sans eau, les taches foliaires ne se développent pas et les taches existantes ne s'étendent pas. En effet, lorsque des plants gravement infectés sont cultivés dans des conditions sèches pendant 4 à 6 semaines, les lésions foliaires se dessèchent et cessent de s'agrandir. Lorsque les plants retournent à des conditions de nébulisation régulière, c'est-à-dire des conditions favorables au développement de la maladie, un très petit nombre des anciennes taches continue de s'étendre et la nouvelle pousse demeure saine. Toutefois, des conditions plus sèches n'empêcheront pas les lésions des tiges et les infections florales de continuer à s'étendre lentement sans eau.

Le moyen de lutte le plus efficace contre la tache foliaire consiste à éviter d'éclabousser le feuillage et à le garder au sec. Les arrosages par aspersion devraient être réduits au minimum. Les dégouttements d'eau de condensation ou de fuites facilitent également la propagation de bactéries d'un plant à un autre. Mieux vaut donc éloigner les plants des endroits où ils se produisent. Une bonne ventilation est également importante pour sécher le feuillage, mais des courants d'air trop violents peuvent disséminer les bactéries dans un nuage de nébulisation.

L'observation de quelques pratiques générales aidera à réduire la fréquence de la tache foliaire et de la tige noire. Il est recommandé de cultiver les plants mères dans des conditions sèches. Si la maladie est déjà installée, le fait de détruire les plants infectés et de maintenir le feuillage au sec permettra de limiter la dissémination des bactéries. L'arrosage par aspersion est à éviter. Également, l'utilisation d'outils de taille propres permettra d'éliminer la propagation des bactéries lorsqu'on effectue le pincement des tissus herbacés et ligneux.

Dans certaines situations d'infection, la tache foliaire et la tige noire seront difficiles à maîtriser. En effet, le feuillage demeure mouillé plus longtemps lorsque le temps est frais et humide à l'extérieur. En outre, il y a plus de dégouttement de condensation dans les serres plastiques que dans les serres de verre et ce ne sont pas tous les producteurs qui possèdent une solution de rechange à l'arrosage par aspersion. L'utilisation de variétés résistantes est donc recommandée en pareil cas. Seuls de jeunes plants ont été testés par l'inoculation des feuilles et des tiges, mais dès que les inoculations de fleurs de plants plus âgés seront terminées, la réponse à la question de la résistance se fera plus claire.

J.A. Matteoni est chercheur à la Station fédérale de recherches agricoles de Vineland (Ont.).

Bibliographie

1. JONES, J.B., A.W. ENGLEHARD, et B.C. RAJU. "Outbreak of a stem necrosis on chrysanthemum incited by *Pseudomonas cichorii* in Florida", dans *Plant Disease*, n° 67, 1983, p. 431-433.
2. JONES, J.B., B.C. RAJU, et A.W. ENGLEHARD. "Effects of temperature and leaf wetness on development of bacterial spot of geraniums and chrysanthemums incited by *Pseudomonas cichorii*", dans *Plant Disease*, n° 68, 1984, p. 248-251.
3. WILKIE, J.P. et D.W. DYE. "*Pseudomonas cichorii* causing tomato and celery diseases in New Zealand", dans *N.Z. J. Agric. Res.*, n° 17, 1974, p. 123-130.



Figure 3 Infection des fleurs de *Chrysanthemum morifolium* avec *Pseudomonas cichorii*.

Figure 3 Flower infection of *Chrysanthemum morifolium* with *Pseudomonas cichorii*.

Effect of fall irrigation on alfalfa winter survival

D.G. Stout

Winter survival of perennial plants is a function of many factors: plant frost hardiness, flooding, desiccation, snow mold resistance, frost heaving, ice sheets, etc. Water stress is known to increase the frost hardiness of alfalfa (Tysdal 1933, Stout 1980, Paquin and Mehuys 1980). In Saskatchewan nonirrigated alfalfa sustains less winter injury than irrigated alfalfa (Heinrichs 1973). However, a moist soil may be warmer than a dry soil because a moist soil has a higher heat capacity and because a wet soil will liberate more heat of fusion as the liquid turns to ice (Smith 1981). Plant desiccation in the spring may decrease winter survival. This desiccation is caused by a low rate of water uptake owing to a cold and/or frozen soil within part of the root zone, and to a high rate of water loss owing to warm drying (low humidity) winds. A low soil water content will augment this plant desiccation.

It was predicted that a low soil water content during the fall when alfalfa plants are cold acclimating would increase the plants' level of frost hardiness. This increased frost hardiness would increase the potential for winter survival. Then a late irrigation following plant cold acclimation would further increase winter survival by favoring warmer soil temperatures, or at least by buffering against rapid temperature changes, and by favoring less plant desiccation in the spring. Thus a field experiment was conducted to test this prediction.

The experiment was done at the Kamloops Research Station where the soil is a well drained silty loam. The study was initiated during the fall of 1977 using a 3 year old stand of Beaver alfalfa. The older stand was chosen since winter injury is more prevalent in older stands (Heinrichs 1973, Smith 1981). At the Kamloops Research Station, alfalfa is normally cut three plus one times: first week of June, mid-July, third week of August and late October. Producers normally do not harvest the "plus one cut"; however, it may be fall grazed. Two irrigations are applied before the first cut, and 2 to 3 irrigations are applied after the first cut, and after the second cut. One or 2 irrigations are applied after the third cut. For this experiment, an irrigation was applied immediately after the third cut and then the following irrigation treatments were applied: 1. no additional irrigation, 2. weekly irrigations during October (early fall), and 3. weekly irrigations during the first half of November (late fall). The early fall treatment was chosen because of a report that maximum cold hardiness occurs when soils are at field capacity (Calder et al. 1965). A recent report (Stout 1980) argues that maximum frost hardiness does not occur at field capacity, however.

Winter injury was evaluated by measuring the first-cut yield in the spring, following the fall irrigation (Table 1). The 1977 fall irrigation had no significant effect on the first-cut yield, but the 1978 fall irrigation did have a significant effect on the first-cut yield. The late fall irrigation gave the highest first-cut yield, and it was significantly higher than the control that received no irrigation. Early fall irrigation resulted in an intermediate yield that was not significantly different from either the control or the late fall irrigation.

First-cut yields were lower in 1979 following the 1978 fall irrigation than in 1978 following the 1977 fall irrigation (Table 1). Most of the first-cut growth occurs during April and May. The mean temperature was 1°C higher during April 1978 than during April 1979, and was 1.1°C lower during May

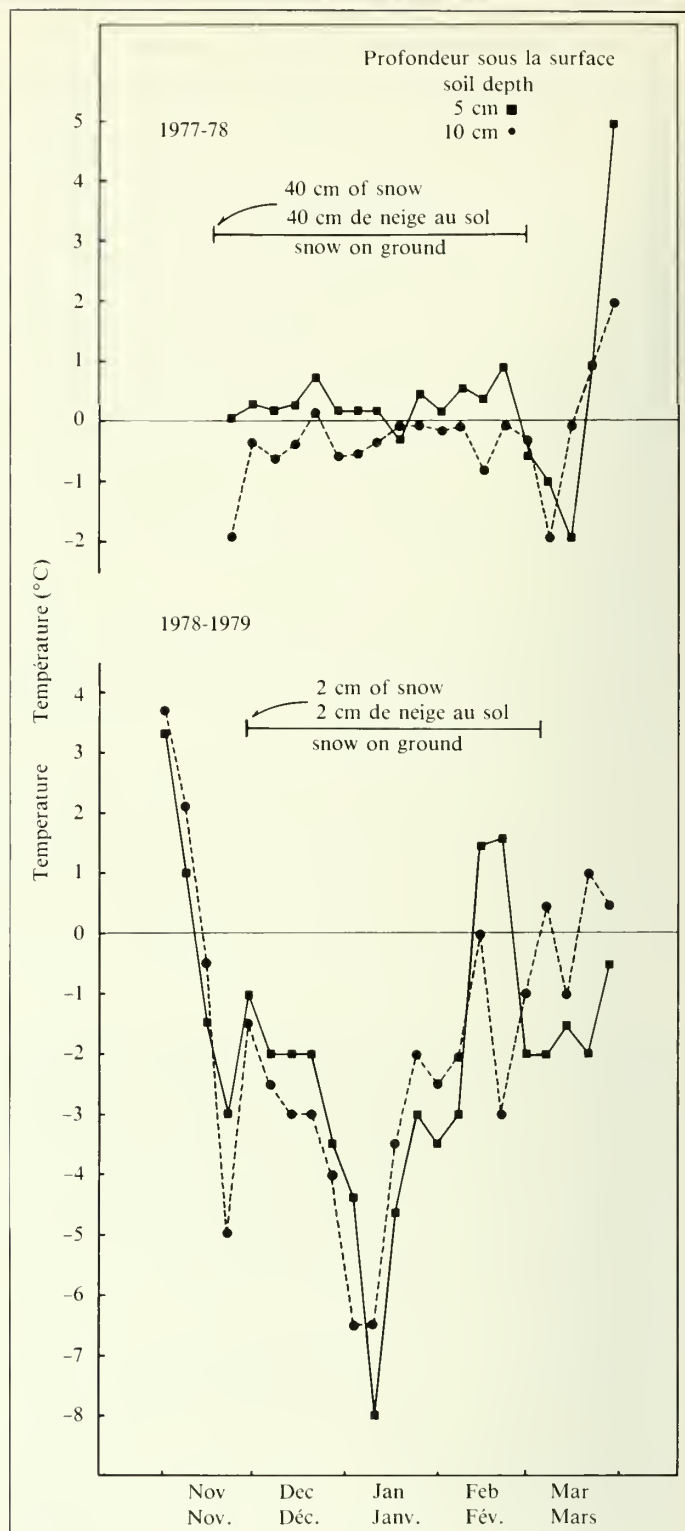


Figure 1 Soil temperature 5 and 10 cm below the surface during two winters at Kamloops.

Figure 1 Température du sol à 5 et 10 cm sous la surface, durant deux hivers à Kamloops.

Effet de l'irrigation à l'automne sur la résistance de la luzerne à l'hiver

Darryl G. Stout

La résistance à l'hiver des plantes vivaces est fonction de bon nombre de facteurs, à savoir la résistance de la plante au gel, les inondations, la dessiccation, la résistance à la pourriture des neiges, le soulèvement par le gel, la couche de glace, etc. On sait par ailleurs que le stress hydrique accroît la résistance au froid de la luzerne (Tysdal 1933, Stout 1980, Paquin et Mehuys 1980). On a ainsi constaté qu'en Saskatchewan les champs de luzerne non irrigués ont été moins endommagés par l'hiver que ceux qui avaient été irrigués (Heinrichs 1973). Cependant, un sol humide peut être plus chaud qu'un sol sec, puisque le premier a une plus grande capacité thermique et qu'il libère une plus grande chaleur de fusion lorsque l'eau se transforme en glace (Smith, 1981). En revanche, la dessiccation des plantes au printemps peut réduire leur résistance à l'hiver. Cette dessiccation est causée par un faible taux d'assimilation de l'eau attribuable au fait que le sol dans la région des racines est froid ou gelé, ainsi qu'à un taux d'évaporation élevé dû au vent chaud asséchant (faible humidité). Une faible teneur en eau du sol intensifie la dessiccation.

Des chercheurs ont proposé l'hypothèse suivante : une faible teneur en eau du sol à l'automne, lorsque les plants de luzerne s'acclimatent au froid, améliorerait leur résistance au froid et pourrait accroître ainsi leur résistance à l'hiver. Une irrigation tardive après une période d'acclimatation au froid augmenterait encore davantage le taux de survie à l'hiver; elle favoriserait un réchauffement des températures du sol ou du moins permettrait de contrer les changements rapides de température, tout en réduisant la dessiccation des plants au printemps. Des essais en plein champ ont donc été effectués pour vérifier cette hypothèse.

L'expérience a été réalisée à la Station de recherches de Kamloops où le sol est un loam limoneux bien drainé. Cette étude, amorcée à l'automne de 1977, a porté sur une population de luzerne Beaver. On a choisi une population de trois ans seulement parce que la résistance à l'hiver diminue avec l'âge (Heinrichs 1973, Smith 1981). À la Station de recherches de Kamloops, la luzerne est normalement coupée quatre fois, soit durant la première semaine de juin, à la mi-juillet, durant la troisième semaine d'août et à la fin d'octobre. Habituellement, les producteurs ne récoltent pas la dernière coupe et laisse plutôt celle-ci dans les champs pour les animaux en pâturage. Les champs sont irrigués deux fois avant la première coupe, de deux à trois fois après la première et la deuxième coupe, ainsi qu'à une ou deux reprises après la troisième coupe. Dans le cadre de la présente expérience, les champs ont été irrigués immédiatement après la troisième coupe. On a ensuite suivi divers calendriers d'irrigation, soit : 1° aucune irrigation supplémentaire; 2° irrigations hebdomadaires en octobre (début de l'automne); 3° irrigations hebdomadaires durant la première moitié de novembre (fin de l'automne). Le traitement au début de l'automne a été appliqué, car selon un rapport précédent (Calder et al., 1965), la résistance au froid est maximale lorsque les sols sont occupés à capacité. Un rapport plus récent (Stout, 1980) va toutefois à l'encontre de cette hypothèse.

Les dégâts causés par l'hiver ont été évalués en mesurant

le rendement à la première coupe au printemps, après une irrigation à l'automne (Tableau 1). L'irrigation à l'automne de 1977 n'a pas fait varier le rendement à la première coupe, alors que l'irrigation à l'automne suivant a eu un effet significatif. On a par ailleurs constaté que le rendement des champs irrigués à la fin de l'automne était supérieur. En effet, le rendement de ces champs était sensiblement plus élevé que celui des champs témoins non irrigués. Le rendement des champs irrigués au début de l'automne a été moyen et ne différait pas considérablement des résultats obtenus pour les champs témoins ou les champs irrigués à la fin de l'automne.

La première récolte des champs irrigués à l'automne a été moins abondante en 1979 qu'en 1978 (Tableau 1). La luzerne récoltée à la première coupe s'est développée en grande partie au cours d'avril et de mai. La température moyenne a été de 1 °C plus élevée en avril 1978 qu'en avril 1979, et de 1,1 °C plus faible en mai 1978 qu'en mai 1979 (Tableau 2). Il semble donc que la température au printemps ne puisse expliquer la baisse de rendement enregistrée en 1979 par rapport à 1978. Cependant, les températures moyennes durant les mois de novembre, janvier et février qui ont suivi l'irrigation à l'automne de 1978 ont été plus faibles que celles de l'année précédente, et il est possible qu'elles aient causé certains dégâts aux cultures. Les températures du sol ont également été inférieures après l'irrigation en 1978 (Figure 1). Ainsi, à une profondeur de 5 cm, le minimum enregistré s'est établi à -2 °C en mars 1978, alors qu'en janvier 1979, il a été de -8 °C. Par ailleurs, durant l'hiver de 1978-1979, la température du sol est descendue rapidement à -3 °C en novembre, puis est remontée à -2 °C lorsque la neige a commencé à s'accumuler. L'année précédente, le sol a été recouvert de neige avant qu'il n'y ait abaissement des températures.

On considère souvent que les réserves alimentaires font varier la résistance à l'hiver de la luzerne (Smith, 1981). Cependant, les teneurs en glucides non structuraux totaux ont été sensiblement les mêmes en 1977 et en 1978 (Tableau 3). L'irrigation à l'automne de 1978 n'a eu aucun effet sur les teneurs en glucides non structuraux totaux, bien que ce traitement ait modifié le rendement à la première coupe. On n'a également noté aucun changement dans la teneur en eau de la couronne, durant les deux années étudiées (Tableau 4).

Les études sur la résistance à l'hiver ou les dégâts causés par le froid doivent être effectuées lorsque les conditions hivernales sont suffisamment rigoureuses pour causer des dégâts aux plants; l'hiver 1978-1979 à la Station de Kamloops a fourni de telles conditions. Dans la région méridionale intérieure de la Colombie-Britannique, l'hiver ne cause de graves dégâts qu'une fois tous les dix ans.

Il est difficile de formuler des recommandations à partir des données recueillies sur une seule année. Cependant, comme les hivers rigoureux sont peu fréquents dans cette région, il est nécessaire d'utiliser ces résultats dans le cas présent. Bien que le rendement des champs irrigués au début de l'automne lors de la première coupe diffère peu de celui des champs témoins (Tableau 1), il semble que la recommandation la plus prudente que nous puissions faire soit la suivante : il est préférable d'irriguer à l'automne que de ne pas irriguer du tout; du reste, plus l'irrigation est effectuée tard à l'automne, meilleurs sont les résultats. Bien sûr, cette recommandation ne s'applique pas lorsque les sols sont mal drainés ou qu'il existe des risques d'inondation, ou encore dans le cas de sols lourds dont le soulèvement par le gel est fréquent.

Darryl G. Stout est chercheur à la Station fédérale de recherches agricoles de Kamloops (C.-B.).

1978 than during May 1979 (Table 2). Thus spring growth temperature does not appear responsible for the lower yield following the 1978 irrigation treatment compared to that following the 1977 irrigation treatment. The November, January and February mean temperatures were colder following the 1978 irrigation treatment than following the 1977 irrigation treatment. It is possible that these low temperatures following the 1978 irrigation led to some frost injury. Colder soil temperatures also followed the 1978 irrigation treatment (Figure 1). At a depth of 5 cm, a low of -2°C was recorded in March of 1977-78 winter, and a low of -8°C was recorded during January of the 1978-79 winter. During the 1978-79 winter, soil temperature dropped rapidly to -3°C in November and then warmed up to -2°C when a cover of snow developed. For the 1977-78 winter a cover of snow developed before low temperatures occurred.

Food reserves are often considered to play a role in winter survival of alfalfa (Smith 1981). However, total nonstructural carbohydrate (TNC) levels were basically similar in 1977 and 1978 (Table 3). TNC levels were not effected by irrigation treatment in 1978, even though irrigation treatment affected first-cut yield. Crown water content was not affected by irrigation treatments either year (Table 4).

Winter survival or winter injury studies require that a "test year" occurs. A test year is a year where winter conditions are severe enough to cause injury; at this particular site the 1978-79 winter provided such a year. In Interior B.C., widespread severe winter injury occurs about every 10 years.

It is dangerous to make recommendations based on one year's data; however, owing to the infrequency of test years it is necessary in the area of winter survival. Although the first-cut yield following the early fall irrigation was not significantly different from the control (Table 1) the safest recommendation would appear to be the following: fall irrigation is preferable to no irrigation and the later in the fall that the irrigation is applied, the better. Of course where drainage is poor or where the possibility of flooding exists this recommendation would not apply. In addition, this recommendation would not apply to heavy soils where frost heaving is common.

Dr. Stout is a research scientist at Agriculture Canada Range Research Station, Kamloops, B.C.

Literature Cited

- Calder, F.W., L.B. MacLeod, L.P. Jackson. 1965. Effect of soil moisture content and stage of development on cold-hardiness of the alfalfa plant. *Can. J. Plant Sci.* 45:211-218.
- Heinrichs, D.H. 1973. Winter hardiness of alfalfa cultivars in southern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 53:773-777.
- Pacquin, R. and G.R. Mehuys. 1980. Influence of soil moisture on cold tolerance of alfalfa. *Can. J. Plant Sci.* 60:139-147.
- Smith, D. 1981. Forage Management in the North. Kendall/Hunt Publ. Co., Toronto.
- Stout, D.G. 1980. Alfalfa water status and cold hardiness as influenced by cold acclimation and winter stress. *Plant, Cell and Environ.* 3:237-241.
- Tysdal, H.M. 1933. Influence of light, temperature, and soil moisture on the hardening process in alfalfa. *J. Agric. Res.* 46:483-515.

Table 1. Influence of fall irrigation on the following year first-cut yield (tonnes of dry matter/ha).¹

Year irrigated	Date of first cut	Irrigation treatment ²		
		None	Early fall	Late fall
1977	June 2, 1978	4.37a	4.21a	4.01a
1978	May 31, 1979	2.04c	2.45bc	2.74b

¹ Values are \bar{x} from 5 plots. Data was analyzed using a two way ANOVA for a random block design. The SE of each mean was 0.126. Different letters indicate significant difference according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

² In 1977 the early fall treatment involved weekly irrigations between Sept. 27 and Oct. 28 (i.e. 4 irrigations for a total of 22 ± 2 cm of water), and the late fall irrigation treatment involved irrigating between Nov. 3 and Nov. 17 (i.e. 2 irrigations for a total of 17 ± 2 cm of water). In 1978 the early fall irrigation involved weekly irrigation from Oct. 5 to 26 (i.e. 4 irrigations for a total of 15 ± 1 cm of water), and the late fall irrigation involved irrigating from Nov. 1 to 9 (i.e. 2 irrigations for a total of 12 ± 1 cm of water).

Table 2. Weather conditions at Kamloops airport.

Year	Month											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Mean Temperature ($^{\circ}\text{C}$)												
1977	—	—	—	—	—	—	—	—	13.5	8.3	0.3	-6.9
1978	-5.9	-0.7	5.3	9.3	12.9	19.1	22.3	19.6	14.1	8.4	-1.3	-6.4
1979	-13.8	-4.3	4.7	8.3	14.0	—	—	—	—	—	—	—
30 y mean ¹	-6.4	-1.5	3.3	9.0	14.1	18.1	20.7	19.8	15.0	8.2	1.5	-2.9
Precipitation (mm)												
1977	—	—	—	—	—	—	—	—	26.6	8.3	50.1	63.3
1978	30.5	11.3	5.5	36.3	19.8	22.2	11.1	21.0	35.1	14.1	24.4	9.2
1979	23.3	6.0	6.3	13.1	12.0	—	—	—	—	—	—	—
30 y mean ¹	31.5	16.0	9.8	11.6	17.1	28.5	25.6	28.2	18.8	15.6	21.1	34.4

¹ The 30 year mean was for the period 1948 to 1977.

Table 3. Influence of fall irrigation on total nonstructural carbohydrate (mg glucose equivalents/g dry weight of crown)¹ of alfalfa crowns.

Fall irrigated	Date crowns collected	Irrigation treatment		
		None	Early fall	Late fall
1977	Nov. 23, 1977	207a	180b	200a
	Feb. 27, 1978	164a	162a	150a
1978	Nov. 14, 1978	208a	205a	206a

¹ Values are \bar{x} from 5 plots. Three crowns (cut to a length of 17 cm) per plot were used. Different letters indicate significant difference within a row at $P \leq 0.05$ (Duncan's multiple range test). For Nov. 23, 1977 collection SE of each mean was 5.76; for Feb. 27, 1978 collection SE of each mean was 5.38; and for Nov. 14, 1978 collection SE of each mean 8.54.

Table 4. Influence of fall irrigation on water content (g H_2O /g dry weight)¹ of alfalfa crowns.

Fall irrigated	Date crowns collected	Irrigation treatment		
		None	Early Fall	Late fall
1977	Nov. 23, 1977	1.69a	1.72a	1.89a
	Feb. 27, 1978	2.28a	2.33a	2.25a
1978	Nov. 14, 1978	2.23a	2.20a	2.10a

¹ Values are \bar{x} from 5 plots. A bulk sample containing 3 crowns (length of 17 cm each) was used for each plot. Different letters indicate significant difference within a row at $P \leq 0.05$ (Duncan's multiple range test). The SE of each mean was 0.18 for the Nov. 23 collection, 0.09 for the Feb. 17 collection, and 0.11 for the Nov. 14 collection.

Bibliographie

CALDER, F.W., L.B. MACLEOD, L.P. JACKSON. "Effects of soil moisture content and stage of development on cold-hardiness of the alfalfa plant", dans *Can. J. Plant Sci.*, n° 45, 1965, p. 211-218.

HEINRICHS, D.H. "Winter hardiness of alfalfa cultivars in southern Saskatchewan", dans *Can. J. Plant Sci.*, n° 53, 1973, p. 773-777.

PACQUIN, R. et G.R. MEHUY. "Influence of soil moisture on cold tolerance of alfalfa", dans *Can. J. Plant Sci.*, n° 60, 1980, p. 139-147.

SMITH, D. *Forage Management in the North*. Kendall/Hunt Publ. Co., Toronto, 1981.

STOUT, D.G. "Alfalfa waters status and cold hardiness as influenced by cold acclimation and winter stress", dans *Plant, Cell and Environ.*, n° 3, 1980, p. 237-241.

TYSDAL, H.M. "Influence of light, temperature, and soil moisture on the hardening process in alfalfa", dans *J. Agric. Res.*, n° 46, 1933, p. 483-515.

Tableau 1. Influence de l'irrigation à l'automne sur le rendement obtenu l'année suivante lors de la première coupe (tonnes de matière sèche/ha)¹

Année de l'irrigation	Date de la première coupe	Traitement appliqué ²		
		Aucune irrigation	Irrigation au début de l'automne	Irrigation à la fin de l'automne
1977	2 juin 1978	4,37a	4,21a	4,01a
1978	31 mai 1979	2,04c	2,45bc	2,74b

¹ Les valeurs sont les moyennes obtenues pour 5 parcelles. Les données ont été analysées selon une méthode d'analyse de la variance à deux critères de classification portant sur un bloc aléatoire. L'écart-type de chaque moyenne était de 0,126. Les différentes lettres indiquent une différence marquée, selon la méthode de Duncan ($P \leq 0,05$).

² En 1977, le traitement au début de l'automne comportait des irrigations hebdomadaires effectuées entre le 27 septembre et le 28 octobre (4 irrigations pour un total de 22 ± 2 cm d'eau). Celui à la fin de l'automne a nécessité des irrigations entre le 3 et le 17 novembre (2 irrigations pour un total de 17 ± 2 cm d'eau). En 1978, le calendrier des irrigations s'établissait comme suit : un traitement au début de l'automne effectué entre le 5 et le 26 octobre, (4 irrigations hebdomadaires pour un total de 15 ± 1 cm d'eau) et un traitement à la fin de l'automne effectué entre le 1^{er} et le 9 novembre (2 irrigations pour un total de 12 ± 1 cm d'eau).

Tableau 2. Conditions atmosphériques à l'aéroport de Kamloops

année	Mois											
	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Température moyenne (°C)												
1977	—	—	—	—	—	—	—	—	13,5	8,3	0,3	-6,9
1978	-5,9	-0,7	5,3	9,3	12,9	19,1	22,3	19,6	14,1	8,4	-1,3	-6,4
1979	-13,8	-4,3	4,7	8,3	14,0	—	—	—	—	—	—	—
Moyenne sur 30 ans ¹	-6,4	-1,5	3,3	9,0	14,1	18,1	20,7	19,8	15,0	8,2	1,5	-2,9
Précipitation (mm)												
1977	—	—	—	—	—	—	—	—	26,6	8,3	50,1	63,3
1978	30,5	11,3	5,5	36,3	19,8	22,2	11,1	21,0	35,1	14,1	24,4	9,2
1979	23,3	6,0	6,3	13,1	12,0	—	—	—	—	—	—	—
Moyenne sur 30 ans ¹	31,5	16,0	9,8	11,6	17,1	28,5	25,6	28,2	18,8	15,6	21,1	34,4

¹ La moyenne sur 30 ans a été établie pour la période de 1948 à 1977.

Tableau 3. Influence de l'irrigation à l'automne sur la teneur en glucides non structuraux totaux (mg d'équivalents de glucose/g de poids sec de la couronne)¹ des couronnes de luzerne.

Irrigation à l'automne	Date de la collecte des couronnes	Irrigation		
		Aucune	Au début de l'automne	À la fin de l'automne
	23 nov. 1977	207a	180b	200a
	27 févr. 1978	164a	162a	150a
	14 nov. 1978	208a	205a	206a

¹ Les valeurs sont les moyennes obtenues pour 5 parcelles. Trois couronnes (coupées à une longueur de 17 cm) par parcelle ont été utilisées. Les différentes lettres indiquent une différence marquée à l'intérieur d'une même rangée, selon la méthode de Duncan ($P \leq 0,05$). L'écart-type de chaque moyenne était de 5,76 pour la collecte du 23 novembre 1977, de 5,38 pour celle du 27 février 1978 et de 8,54 pour celle du 14 novembre 1978.

Tableau 4. Influence de l'irrigation à l'automne sur la teneur en eau (g H₂O/g poids sec)¹ des couronnes de luzerne.

Année d'irrigation à l'automne	Date de la collecte des couronnes	Irrigation		
		Aucune	Au début de l'automne	À la fin de l'automne
	23 nov. 1977	1,69a	1,72a	1,89a
	27 févr. 1978	2,28a	2,33a	2,25a
	14 nov. 1978	2,23a	2,20a	2,10a

¹ Les valeurs sont les moyennes obtenues pour 5 parcelles. Un échantillon en vrac contenant 3 couronnes (coupées à une longueur de 17 cm) a été utilisé pour chaque parcelle. Les différentes lettres indiquent une différence marquée à l'intérieur d'une même rangée, selon la méthode de Duncan ($P \leq 0,05$). L'écart-type de chaque moyenne était de 0,18 pour la collecte du 23 novembre, de 0,09 pour celle du 17 février et de 0,11 pour celle du 14 novembre.

A Comparison of etiolated growth and carbohydrate level as measures of alfalfa food reserves

D.H. Stout

Stored plant food reserves are important for regrowth of perennial plants following defoliation by grazing, or following overwintering. Estimating these food reserves by measuring etiolated growth is not equivalent to chemically measuring total nonstructural carbohydrates.

Stored plant food reserves are used by plants when plant photosynthesis is absent or inadequate. These reserves are used for both respiration and growth of new tissues. Indirect evidence that reserves play an important function in plant growth and survival is provided by the observation that reserve levels normally decrease when leaves are removed by grazing or harvesting. Food reserves are also known to play a role in acclimation of plants to cold, in winter survival, and in spring growth of perennial plants before leaves can carry on photosynthesis. Thus it is important to be able to measure food reserve levels (% of dry weight) and total quantity of food reserves (% of dry weight \div 100 \times total storage tissue dry weight).

Although food reserves may be in the form of fats, proteins or carbohydrates, carbohydrates seem to be the major reserve. This is based on the facts that carbohydrate level is decreased most following grazing, and carbohydrate level varies the most during the growth cycle of the plant. Carbohydrate reserves are normally measured by a chemical procedure that measures total nonstructural carbohydrate (TNC). Most studies of plant food reserves simply involve measuring TNC and ignore other potential constituents such as protein. Another, less common, method of measuring stored reserves is to measure etiolated growth (i.e. growth in the dark). Here we compare quantitatively reserves measured as etiolated growth and reserves measured as TNC. The data was obtained from an alfalfa fall irrigation study.

The pattern of etiolated growth from alfalfa crowns is shown in Figure 1. The initial rate (i.e. first 20 days) of growth was larger for crowns collected during the spring than for crowns collected during the fall; thus, etiolated growth may provide information on tissue dormancy as well as information on the quantity of food reserves. There was no effect of collection date on total amount of etiolated growth. Of the irrigation treatments, the early fall irrigation caused a greater initial rate of etiolated growth from fall collected crowns than did the other two irrigation treatments.

Total etiolated growth was not affected by irrigation treatment or time of crown collection (Table 1). But total crown weight change during the etiolated growth period was larger for crowns collected in the fall compared to crowns collected in the spring. Etiolated growth accounted for 19% of the total crown weight change for crowns collected in the fall and 29% in the spring. The difference in weight between etiolated growth and crown weight loss must represent plant constituents used for respiration.

Respiration can be partitioned into growth respiration (R_G) and maintenance respiration (R_M). R_G provides the energy required to synthesize new growth (etiolated growth [G_E]). R_G is largely determined by the amount of growth and

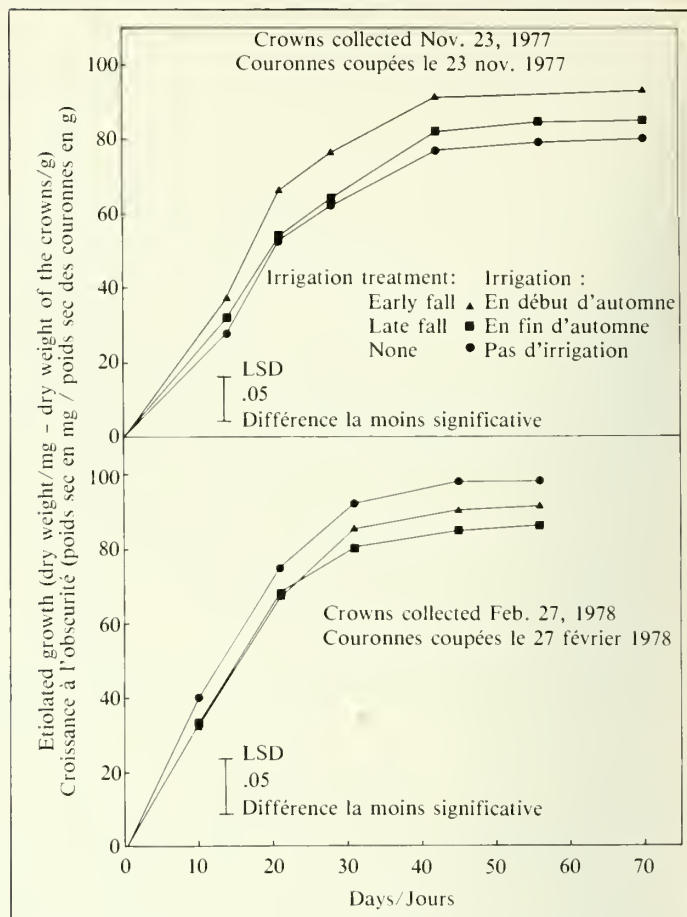


Figure 1 Etiolated growth from alfalfa crowns. Alfalfa crowns were trimmed to a 15 cm length, weighed, put into pots containing vermiculite, and the pots were put into a dark growth chamber at $18 \pm 2^\circ\text{C}$. Percent moisture was determined using other crowns so that the dry weight of crowns used for etiolated growth could be estimated. Etiolated growth was harvested at approximately 2 week intervals, and the dry weight was determined. The early fall irrigation treatment involved weekly irrigations between September 27 and October 28 (4 irrigations for a total of 22 ± 2 cm of water), and the late fall irrigation treatments involved irrigating between November 3 and 17 (2 irrigations for a total of 17 ± 2 cm of water). Values are \bar{x} from 5 replicates. Each replicate contained 5 crowns.

Figure 1 Croissance à l'obscurité des couronnes de luzerne. Les couronnes de luzerne ont été coupées à une longueur de 15 cm, pesées puis mises dans des pots contenant de la vermiculite; ces pots ont par la suite été placés dans une chambre de croissance sombre, à $18 \pm 2^\circ\text{C}$. Le pourcentage d'eau a été déterminé à partir d'autres couronnes, de façon à pouvoir évaluer le poids sec des couronnes utilisées pour la croissance à l'obscurité. Les pousses étiolées ont été récoltées à environ deux semaines d'intervalle, puis le poids sec a été déterminé. Le traitement au début de l'automne comportait des irrigations hebdomadaires entre le 27 septembre et le 28 octobre (4 irrigations pour un total de 22 ± 2 cm d'eau) et celui à la fin de l'automne, des irrigations entre le 3 et le 17 novembre (2 irrigations pour un total de 17 ± 2 cm d'eau). Les valeurs représentent les moyennes obtenues après 5 essais répétés. Chaque essai a porté sur 5 couronnes.

Comparaison de la croissance en l'absence de lumière avec la teneur en glucides comme méthode pour évaluer les réserves alimentaires de la luzerne

D.G. Stout

Les réserves alimentaires accumulées sont importantes pour la repousse des plantes vivaces après une défoliation causée par la mise en pâturage des animaux ou après l'hiver. L'estimation de ces réserves par la mesure de la croissance en l'absence de lumière ne constitue pas une méthode équivalente à l'analyse chimique qui permet de déterminer la teneur en glucides non structuraux totaux.

Les végétaux puisent dans leurs réserves accumulées lorsqu'il n'y a pas de photosynthèse ou que celle-ci est insuffisante. Ces réserves servent à la fois à la respiration et au développement de nouveaux tissus. Il semble par ailleurs que les réserves jouent un rôle important dans la croissance et la résistance des plantes, car celles-ci diminuent habituellement lorsque les feuilles disparaissent, soit à la suite de la récolte ou de la mise en pâturage des animaux. L'acclimatation des végétaux au froid, la résistance à l'hiver ainsi que la repousse des plantes vivaces au printemps avant que les feuilles ne sortent dépendent également des réserves accumulées. Il est donc important de pouvoir mesurer les teneurs en réserves alimentaires (% de poids sec) et la quantité totale de ces réserves (% de poids sec \div 100 \times poids sec total).

Bien que les réserves puissent se présenter sous forme de lipides, de protéines ou de glucides, elles se composent principalement des derniers. On a en effet constaté que c'est la teneur en glucide qui est la plus basse après la période de mise en pâturage, et que c'est elle qui varie le plus durant le cycle de croissance de la plante. Les réserves de glucides se mesurent habituellement par une méthode chimique qui permet de déterminer la teneur en glucides non structuraux totaux. La plupart des études sur les réserves alimentaires des végétaux se fondent uniquement sur la détermination de la teneur en glucides non structuraux totaux et font abstraction de tout autre composant présent, comme les protéines. Une autre façon, moins courante, d'évaluer les réserves accumulées consiste à mesurer la croissance des plants à l'obscurité. La présente étude vise à comparer deux méthodes qui permettent d'évaluer la quantité de réserves accumulées, à savoir la mesure de la croissance à l'obscurité et l'évaluation de la teneur en glucides non structuraux totaux. Les données ont été obtenues dans le cadre d'une étude sur l'effet de l'irrigation à l'automne sur la luzerne.

La figure 1 illustre le mode de croissance à l'obscurité des couronnes de luzerne. Le taux initial de croissance (durant les 20 premiers jours) a été plus élevé chez les couronnes recueillies au printemps que sur celles prélevées à l'automne; ce type de croissance peut donc nous fournir des indications sur la dormance des tissus ainsi que sur la quantité de réserves accumulées. La date de la collecte des couronnes n'a eu aucun effet sur la croissance totale en l'absence de lumière. On a par ailleurs constaté que le taux initial de croissance à l'obscurité des couronnes recueillies à l'automne était plus élevé après une irrigation au début de l'automne qu'après l'application des deux autres traitements.

Ni l'irrigation ni le moment où les couronnes ont été recueillies n'ont eu d'effet sur la croissance totale en l'absence de lumière (Tableau 1). Durant cette période de croissance toutefois, la variation totale du poids de la couronne a été plus prononcée sur les couronnes prélevées à l'automne que sur celles recueillies au printemps. On a par ailleurs constaté que la croissance à l'obscurité correspond à 19 et 29 % de la variation totale du poids des couronnes recueillies respectivement à l'automne et au printemps. Les composants de la plante utilisés pour la respiration représentent la différence de poids entre la croissance à l'obscurité et la perte de poids de la couronne.

La respiration peut se diviser en deux catégories, soit la respiration de croissance (R_G) et la respiration de maintien (R_M). R_G représente l'énergie nécessaire pour la synthèse de nouveaux tissus (croissance à l'obscurité G_E). Ce paramètre est en grande partie déterminé par le taux de croissance et on a constaté qu'il équivaut à environ 0,3 G_E (Milthorpe et Moorby, 1979). R_M représente l'énergie nécessaire pour assurer le renouvellement des membranes, des protéines, et autres tissus. La variation du poids de la couronne (ΔM) durant cette période de croissance peut se calculer comme suit : $\Delta M = G_E + 0,3 G_E + R_M$. Une fois ce calcul effectué, on a constaté que R_M s'élevait à 5 mg/g de poids sec/jour pour les couronnes prélevées à l'automne et à 4 mg/g de poids sec/jour pour celles prélevées au printemps. On ne sait toutefois pas si cette différence est significative, étant donné la variation de température (+2 °C) dans la chambre de croissance. Ces estimations peuvent se comparer aux données obtenues par Penning De Vries (1975), qui indiquaient que la quantité variait de 8 à 60 mg de glucose/g de poids sec/jour à 25 °C. Les valeurs exprimées dans le présent rapport se rapprochent de celles obtenues par Penning De Vries, mais elles sont plus faibles parce que : d'une part, la température était plus basse et d'autre part, les calculs sont fondés sur la période complète de croissance en l'absence de lumière (soit 70 jours dans le cas des couronnes recueillies à l'automne); il faut donc s'attendre à ce que la respiration diminue à la fin de cette période puisque les réserves sont alors presque totalement épuisées.

Les données sur la teneur en glucides non structuraux totaux diffèrent de celles sur la croissance à l'obscurité sur les trois aspects suivants : 1° la teneur en glucides non structuraux totaux variait selon que les couronnes étaient recueillies à l'automne ou au printemps, alors qu'il n'y a eu aucun changement dans la croissance à l'obscurité; 2° dans le cas des couronnes recueillies à l'automne, l'irrigation a eu un effet marqué sur la teneur en glucides non structuraux totaux, mais non sur la croissance à l'obscurité; 3° dans le cas des couronnes recueillies à l'automne, la croissance à l'obscurité représentait 44 % de la teneur en glucides non structuraux totaux, contre 58 % pour les couronnes prélevées au printemps.

Par ailleurs, dans le cas des couronnes prélevées à l'automne, les glucides non structuraux totaux représentaient 44 % de la perte totale de poids de la couronne durant la période de croissance à l'obscurité, contre 50 % pour les couronnes recueillies au printemps. Les glucides non structuraux totaux ne sont donc pas les seuls composants des réserves utilisés pour la croissance à l'obscurité et la respiration. Parmi les autres composants ou réserves possibles utilisés

can be approximated as being equal to $0.3 G_E$ (Milthorpe and Moorby 1979). R_M is the respiration required to maintain membrane and protein turnover, etc. The crown weight change (∇W) during etiolated growth can be partitioned: $\nabla W = G_E + 0.3 G_E + R_M$. When this is done, R_M is calculated to be 5 mg/g dry weight/day for crowns collected in the fall, and 4 mg/g dry weight/day for crowns collected in the spring. It is not known if this difference is significant because of the temperature ($+2^\circ\text{C}$) variation of the growth chamber. These estimates can be compared to the range 8 to 60 mg glucose/g dry weight/day at 25°C reported by Penning De Vries (1975). The values reported here for alfalfa are close to, but lower than, this reported range. Two reasons for the lower values exist: 1. a lower temperature was used; 2. the calculation used the full etiolated growth period (eg. 70 days for crowns collected during the fall) and so towards the end of this period when reserves would be nearly exhausted, it is expected that respiration would have to decrease.

TNC data differed from etiolated growth data in three ways: 1. TNC was different for fall and spring collected crowns whereas etiolated growth was not; 2. for fall collected crowns, TNC showed a significant effect of irrigation whereas etiolated growth did not; 3. etiolated growth was 44% of TNC content for fall harvested crowns and 58% of TNC for spring harvested crowns.

For fall collected crowns, TNC was 44% of the total crown weight loss during etiolated growth, and for spring collected crowns, TNC was 50% of the total crown weight loss during etiolated growth. Therefore, TNC is not the only constituent acting as a reserve for etiolated growth and respiration. Other likely constituents, or reserves, that contribute to etiolated growth are proteins, fats, and minerals. (Since crowns were supplied mineral fertilizer during etiolated growth, minerals for etiolated growth may have come from this source).

In conclusion, it is clear that etiolated growth and TNC do not measure the same pool of "food reserves". And, as expected, carbohydrates are not the only source of food reserve used during etiolated growth. TNC seemed to be a more sensitive indicator of physiological change in the plant, since it showed a difference between fall and spring collected crowns, and it showed an effect of the fall irrigation. Nevertheless, measures of etiolated growth may still serve a useful

function in evaluating plant vigor. Experiments are needed to directly compare these two methods of measuring "food reserves" as predictors of plant vigor following herbage removal, or as indicators of winter survival potential. Even though the two measures do not measure the same thing, each may provide useful, but different, information. In any case, this study demonstrates that measurement of etiolated regrowth is not synonymous with measurement of TNC.

Dr Stout is a research scientist at Agriculture Canada Research Station Kamloops, B.C.

Milthorpe, F.L., and J. Moorby. 1979. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. London.

Penning De Vries, F.W.T. 1975. The cost of maintenance processes in plant cells. *Ann. Bot.* 39:77-92.

Stout, D.G., M. Suzuki, and B. Brooke. 1983. Nonstructural carbohydrate and crude protein in pinegrass storage tissues. *J. Range Manage.* 36:440-443.

Suzuki, M. 1971. Semi-automatic analysis of the total available carbohydrates in alfalfa roots. *Can. J. Plant Sci.* 51:184-185.

Table 1. Comparison of TNC, etiolated growth, and loss of crown weight during etiolated growth.

Date crowns collected from field	Irrigation treatment during 1977	mg/g dry weight ¹		
		TNC ²	Total etiolated growth	Change in crown weight during etiolated growth
Nov. 23, 1977	None	207 a	80 a	-433 a
	Early fall	180 b	93 a	-455 a
	Late fall	200 a	85 a	-446 a
Feb. 27, 1978	None	164 c	98 a	-342 b
	Early fall	162 c	91 a	-310 b
	Late fall	150 c	86 a	-309 b

¹ Each value is \bar{x} for $n = 5$. Data was analyzed using a two way ANOVA with a random block design. Different letters within a column indicate significant difference according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$). The SE was 5.2 for TNC, 8.0 for total etiolated growth, and 18.2 for change in crown weight during etiolated growth.

² Each replicate contained three crowns. TNC was measured as described by Stout et al. (1983) following acid hydrolysis (Suzuki 1971).

Improving low quality roughage for winter feeding

J.E. Knipfel, E.W. Coxworth and J. Kernan

REPRINT — Because of errors in the tables of the original printing of this article which appeared in *Canada Agriculture*, Volume 28, No. 4, 1982, this article is reprinted in full in this issue.

Cereal straw is a plentiful resource on prairie farms. When supplemented with nutrients, straw can be an economical and acceptable addition to the livestock overwintering feed supply.

This article describes cooperative research by the Swift Current research station and the Saskatchewan Research Council to devise ways of improving the nutritional value of low quality roughages. The effect of straw ammoniation, in particular, is covered.

Seasonable variations in forage yields have traditionally been large in western Canada (particularly in the Brown Soil Zone) because of fluctuations in precipitation. This has resulted in the use of a variety of alternative feedstuffs, depending upon the availability and cost of conventional forages for overwintering beef cows. For many years, cereal straw-based rations have been commonly used for beef cattle. When properly supplemented with deficient nutrients these can be economical and effective.

There is and will continue to be increasing pressure to use productive land for cereal or specialty crops rather than for conventional forage crops. Thus if the beef herd is to be maintained at present levels or increased in numbers, there will likely be an increase in the use of low-quality roughages, such as crop residues, to make up a substantial proportion of the winter diet.

During the past decade, cooperative research efforts between the research station at Swift Current and the Saskat-

en période de croissance à l'obscurité, on retrouve les protéines, les lipides et les minéraux. (Les minéraux nécessaires pour la croissance à l'obscurité pourraient provenir des engrais épandus.)

En conclusion, il ressort clairement que la croissance à l'obscurité et la teneur en glucides non structuraux totaux ne mesurent pas les mêmes « réserves alimentaires ». Par ailleurs, comme il avait été prévu, les glucides ne sont pas les seuls composants des réserves utilisés en période de croissance à l'obscurité. La teneur en glucides non structuraux totaux semble être un indicateur plus sensible des changements physiologiques qui se produisent chez la plante, puisque l'on a constaté une différence entre les couronnes recueillies à l'automne et celles prélevées au printemps, et que l'irrigation à l'automne a fait varier ce paramètre. Néanmoins, la croissance à l'obscurité peut demeurer un paramètre utile pour évaluer la vigueur d'une plante. D'autres expériences doivent cependant être effectuées afin de comparer directement ces deux méthodes d'évaluation des réserves alimentaires, comme moyen de déterminer la vigueur des plantes après la fauche ou comme indicateur de la résistance à l'hiver de la plante. Même si ces deux méthodes ne mesurent pas les mêmes paramètres, elles peuvent fournir des renseignements utiles. Quel que soit le cas, cette étude démontre que l'évaluation de la croissance en l'absence de lumière n'indique pas la teneur en glucides non structuraux totaux.

Darryl G. Stout est chercheur à la Station fédérale de recherches agricoles de Kamloops (C.-B.)

Bibliographie

MILTHORNE F.L., et J. MOORBY. *An introduction to crop physiology*. Cambridge University Press, 1979, London.
PENNING DE VRIES, F.W.T. "The cost of maintenance processes in plant cells", dans *Ann. Bot.*, n° 39, 1975, p. 77-92.

STOUT, D.G., M. SUZUKI, et B. BROOKE. "Nonstructural carbohydrate and crude protein in pinegrass storage tissues", dans *J. Range Manage.*, n° 36, 1983, p. 440-443.

SUZUKI, M. "Semi-automatic analysis of the total available carbohydrates in alfalfa roots", dans *Can. J. Plant Sci.*, n° 51, 1971, p. 184-185.

Tableau 1. Comparaison de la teneur en glucides non structuraux totaux, de la croissance à l'obscurité et de la perte de poids de la couronne en période de croissance à l'obscurité.

Date du prélèvement des couronnes en plein champ	Traitement d'irrigation en 1977	mg/g de poids sec ¹		Variation du poids de la couronne durant la croissance à l'obscurité
		Glucides non structuraux totaux ²	Croissance totale à l'obscurité	
23 nov. 1977	Aucun	207a	80a	-433a
	Début de l'automne	180b	93a	-455a
	Fin de l'automne	200a	85a	-446a
27 févr. 1978	Aucun	164c	98a	-342b
	Début de l'automne	162c	91a	-310b
	Fin de l'automne	150c	86a	-309b

¹ Chaque valeur représente la moyenne lorsque $n = 5$. Les données ont été analysées selon une méthode d'analyse de la variance à deux critères de classification portant sur un bloc aléatoire. Les différentes lettres à l'intérieur d'une même colonne indiquent une différence marquée, selon la méthode de Duncan ($P \leq 0,05$). L'écart-type était de 5,2 pour la teneur en glucides non structuraux totaux, de 8 pour la croissance totale à l'obscurité et de 18,2 pour la variation du poids de la couronne durant la croissance à l'obscurité.
² Chaque essai répété portait sur trois couronnes. La teneur en glucides non structuraux totaux a été déterminée à partir de la méthode décrite par Stout et al. (1983), après une hydrolyse acide (Suzuki, 1971).

Amélioration des fourrages de faible qualité pour l'alimentation hivernale

J.E. Knipfel, E.W. Coxworth et J. Kernan

REPRODUCTION — Lors de la première parution de cet article, dans *Canada Agriculture*, volume 28, n° 4, 1982, les tableaux contenaient un certain nombre d'erreurs. Nous reproduisons ici la version intégrale de l'article.

La paille de céréales constitue une abondante ressource dans les fermes des Prairies. Si on y ajoute des compléments d'éléments nutritifs déficients, la paille peut être un appoint économique et acceptable pour l'alimentation hivernale du bétail.

Le présent article présente la recherche coopérative entreprise par la Station de recherches de Swift Current et par le *Saskatchewan Research Council* dans le but de trouver des moyens d'améliorer la valeur nutritive des fourrages de faible qualité. L'article traite en particulier du traitement de la paille au gaz ammoniac.

Les rendements des fourrages ont toujours connu de fortes variations saisonnières dans l'Ouest du Canada, et particulièrement dans la région des sols bruns, en raison des fluctuations des précipitations. Cette situation a provoqué l'utilisation d'une grande variété d'autres aliments pour l'hivernage des vaches de boucherie, en fonction de la disponibilité et du coût des fourrages habituels. Depuis de nombreuses années, on utilise couramment des rations à base de paille de céréales pour les bovins de boucherie et elles peuvent s'avérer économiques et efficaces si l'on y ajoute un complément convenable des éléments nutritifs déficients.

La tendance est et restera en faveur de l'utilisation des terres productives pour les cultures céréalières ou spécialisées plutôt que pour la production de fourrages traditionnels. Si l'on veut conserver l'effectif du cheptel bovin au niveau actuel ou l'augmenter, il faudra utiliser de plus en plus des fourrages de faible qualité, comme les résidus de cultures, pour constituer une part importante du régime hivernal.

Au cours de la dernière décennie, la Station de recherches de Swift Current et le *Saskatchewan Research Council* de Saskatoon ont effectué des recherches communes pour mettre au point des moyens d'améliorer la valeur nutritive des fourrages de faible qualité. Nous avons mis l'accent sur l'élaboration de régimes alimentaires utilisant la paille de blé et, au cours des dernières années, nous avons étudié les incidences

chewan Research Council, Saskatoon, have been undertaken to devise ways of improving the nutritional value of low quality roughages. We have emphasized the development of feeding regimens using wheat straw, and in the last several years have examined the effects of chemical processing, particularly ammoniation, on a variety of other low quality roughages.

Assuming that there is no shortage of either good quality hay or straw for cattle feed, there are several reasons for substituting straw for hay. One is the cost of feeding cows, and another is the benefits of producing a ration which is more suitable to the cow's nutritional requirements.

Our first studies of winter feeding of cows were undertaken with these points in mind, along with the fact that high quality hay was in short supply. Blends of alfalfa and straw were used to cut costs and meet animal requirements. The amount of straw that could be added, however, was limited to about 40% because digestible energy content of the ration became limiting. Adding grain to provide additional energy increased the amount of straw that could be incorporated in the ration to about 50-60%. During the past decade, the most economical ration that was nutritionally adequate for the beef cow has been a mixture of 25% grain, 50-60% straw and high quality (alfalfa) forage.

There are potential dangers associated with feeding levels of straw if the ration is not adequate in energy and protein. A common problem is impaction or the plugging up of the digestive tract, a condition that is almost always fatal. With the increase in popularity of the grinder-mixer (mix-mill), impaction became a more serious problem since producers were encouraged to grind straw so that intake would increase. The increase in intake, coupled with inadequate protein and energy levels, simply caused animals to become impacted more rapidly.

Normally an animal will consume about 5.4-6.3 kg of straw a day, which represents about 50-60% of the total daily intake. This puts a practical limit on the amount of unprocessed straw which should be fed. For a variety of reasons, however, higher levels of straw in the diet may be required. The original intent of developing the ammoniation process was to produce a higher quality straw which could supply a larger proportion of the nutrient (particularly protein and energy) requirements of the wintering beef cow and ewe.

In Europe, straw has been treated chemically to improve its nutritive value for decades, and commercial processing plants have been developed in several countries. Most of this work has centered around the use of sodium hydroxide (caustic soda). We felt that, to be feasible, the chemical treatment of straw required the simplest on-farm processing system possible. The use of ammonia would permit such an operation since it is generally available through fertilizer dealers used to on-farm delivery.

When we began to examine ammoniation as a procedure for increasing the nutritive value of straw, we had three specific benefits in mind. First, the value of additional non-protein-nitrogen (NPN) added to the straw would help satisfy the N deficit; second, if the N deficiency was eliminated, perhaps more straw could be included in the ration; and third, early studies suggested that an improvement in digestibility would occur following ammoniation.

To determine whether the effect was primarily due to the addition of NPN, urea was added to give the same level of added NPN as that provided by ammoniation (Table 1).

Urea-N was more efficiently digested than was N from ammoniation (Table 1), but the ammonia-N was digested to a greater extent than the protein in the untreated straw. Differ-

ences in energy digestibility suggested some improvement following ammoniation, but urea caused some increase as well when compared with the untreated straw. Looking at the straw's fiber fraction, ammoniation caused a noticeable increase in digestibility of these components, compared with urea or the untreated straw (Table 1). However, when the intake data were studied (Table 2), ammoniation increased the intake of digestible energy by almost 50% compared with the urea treatment or untreated straw diet.

Table 1. Urea and ammonia effects upon digestibility of straw-based rations

	Digestibility (%)		
	Ammonia	Urea	Untreated
Protein (N)	57.8	73.9	52.8
Energy	64.2	62.5	59.8
Fiber — ADF	66.0	60.7	57.7
— NDF	62.2	56.1	53.6
— Cellulose	68.9	63.9	61.3

Table 2. Urea and ammonia effects upon intake of digestible nutrients from straw-based diets

Intake ¹	Ammonia	Urea	Untreated
Digestible N	0.90	0.93	0.39
Digestible energy	265	174	180

¹ Expressed as kCal or g/kg metabolic size.

Table 3. Performance of pregnant beef cows

	Brome- alfalfa hay	Ammoniated wheat straw + 2.49 kg (5.5 lbs) oats	Untreated wheat straw + 2.26 kg (5 lbs) oats + 1.35 kg (3 lbs) Dehy.
	kg/day		
Roughage intake	8.74 (19.3 lbs)	6.61 (14.6 lbs)	4.39 (9.7 lbs)
Bedding use	2.65 (5.9 lbs)	2.98 (6.6 lbs)	3.20 (7.1 lbs)
Weight gain	0.20 (0.45 lbs)	0.65 (1.45 lbs)	0.14 (0.31 lbs)

This observation means that a considerably larger proportion of the ration can consist of straw. And there has not been any hint of impaction when ammoniated straw was fed. However, the wintering ration was always analyzed and any potential nutrient deficiencies supplemented.

In the winter of 1978-79, at the Indian Training School at Lebret, Saskatchewan, a feeding trial with commercial cows was established using three groups of 50 cows fed the rations shown in Table 3.

Intake of ammoniated straw was considerably higher than that of untreated straw, although lower than that of brome-alfalfa hay. However, the addition of 2.9 kg (5.5 lbs) of oats to the ration probably reduced the intake of ammoniated straw below the maximum. Obviously, less oats was required for the ammoniated straw diet since weight gains of cows fed this diet were much greater than when brome-alfalfa hay or the untreated straw diet was fed. In more recent studies, no problems occurred when cows were fed 9 kg (20 lbs) of ammoniated straw plus 0.9 kg (2 lbs) of barley per day. We do not have data, however, to indicate whether ammoniated straw could be fed as the entire ration.

There is no doubt from studies to date that ammoniation can be an effective way of increasing the nutritional value of straw and thus increasing the amount which can be used in the cow's diet.

Until the last several years there has been little information on the response of chaff to ammoniation, and the number of producers using chaff in winter feeding programs was

des traitements chimiques, surtout au gaz ammoniac, sur divers fourrages de faible qualité.

En supposant qu'il n'y a pas de pénurie de foin ou de paille de bonne qualité pour alimenter le bétail, il existe plusieurs raisons pour remplacer le foin par la paille. Une des raisons demeure le coût de l'alimentation des vaches et une deuxième la constitution d'une ration répondant davantage aux exigences nutritives des vaches.

Nous avons tenu compte de ces points en entreprenant nos premières études sur l'alimentation hivernale des vaches, sans oublier que le foin de haute qualité est rare. Pour réduire les coûts et répondre aux besoins des animaux, nous avons utilisé des mélanges de luzerne et de paille. Toutefois, la quantité de paille que l'on pouvait ajouter a été limitée à environ 40 % parce que la teneur en énergie digestible de la ration devenait un facteur limitatif. L'ajout de grains pour fournir de l'énergie supplémentaire a permis d'accroître jusqu'à 50 à 60 % la quantité de paille que l'on pourrait incorporer dans la ration. Au cours de la dernière décennie, la ration la plus économique et acceptable pour les vaches de boucherie sur le plan nutritif a été un mélange de 25 % de grains, de 50 à 60 % de paille et de fourrages de haute qualité (luzerne).

Si la ration ne comporte pas suffisamment d'énergie et de protéines, la fourniture de grandes quantités de paille peut présenter certains dangers. Un problème rencontré couramment est la tympanite ou "occlusion" du tube digestif, état qui est presque toujours mortel. Avec la popularité croissante des broyeurs-mélangeurs, la tympanite est devenue un problème plus grave puisque les producteurs ont été encouragés à broyer la paille pour en accroître l'absorption. La consommation accrue, ajoutée à des niveaux insuffisants de protéines et d'énergie, a simplement provoqué plus rapidement la tympanite chez les animaux.

Normalement, un animal consomme entre 5,4 à 6,3 kg de paille par jour, ce qui représente environ 50 à 60 % de sa consommation journalière totale. Ceci fixe une limite pratique à la quantité de paille que l'on devrait donner sous une forme non transformée. Cependant, pour diverses raisons, on peut avoir à utiliser des quantités plus élevées de paille dans le régime. L'intention initiale de la mise au point du traitement au gaz ammoniac consistait à produire une paille de meilleure qualité pouvant fournir une plus grande proportion des éléments nutritifs requis (surtout protéines et énergie) pour l'hivernage des vaches de boucherie et des brebis.

Le traitement chimique de la paille pour en améliorer la valeur nutritive se pratique en Europe depuis des décennies et des usines de traitement commerciales ont été érigées dans plusieurs pays. La plupart des travaux se sont concentrés sur l'utilisation de l'hydroxyde de sodium (soude caustique). Pour être réalisable, nous avons pensé que le traitement chimique de la paille exigeait une transformation sur place en utilisant le système le plus simple possible. L'utilisation du gaz ammoniac permettrait une telle opération puisqu'il est généralement disponible par l'intermédiaire des vendeurs d'engrais qui livrent dans les fermes.

Au début de notre étude sur le traitement au gaz ammoniac en vue d'accroître la valeur nutritive de la paille, nous avions trois idées précises en tête. Premièrement, la valeur de l'azote non protéique (ANP) supplémentaire, qui ajouté à la paille, permettrait de répondre à la carence en azote; deuxièmement, si l'on éliminait la carence en azote, on pourrait peut-être inclure plus de paille dans la ration; et troisièmement, les premières études avaient laissé entrevoir une amélioration de la digestibilité après le traitement au gaz ammoniac.

Tableau 1. Incidences de l'urée et du gaz ammoniac sur la digestibilité des rations à base de paille

	Digestibilité (%)		
	Gaz ammoniac	Urée	Aucun traitement
Protéines (N)	57,8	73,9	52,8
Énergie	64,2	62,5	59,8
Fibres			
— Fibres au détergent acide (ADF)	66,0	60,7	57,7
— Fibres au détergent neutre (NDF)	62,2	56,1	53,6
— Cellulose	68,9	63,9	61,3

Tableau 2. Incidences de l'urée et du gaz ammoniac sur l'ingestion des éléments nutritifs digestibles des rations à base de paille

Ingestion de: ¹	Gaz ammoniac	Urée	Aucun traitement
N digestible	0,90	0,93	0,39
Énergie digestible	265	174	180

¹ Exprimée en Kcal ou en g/kg de poids métabolique.

Tableau 3. Rendement des vaches de boucherie gravides

	Foin Brome-luzerne	Paille de blé traitée au gaz ammoniac + 2,49 kg (5,5 lbs) d'avoine	Paille de blé non traitée + 2,26 kg (5 lbs) d'avoine + 1,35 (3 lbs) de foin déshydraté
		kg/jour	
Ingestion de fourrage	8,74 (19,3)	6,61 (14,6)	4,39 (9,7)
Utilisation de litière	2,65 (5,9)	2,98 (6,6)	3,2 (7,1)
Gain de poids	0,2 (0,45)	0,65 (1,45)	0,14 (0,31)

Pour déterminer si l'incidence était principalement attribuable à l'addition d'ANP, nous avons ajouté de l'urée pour obtenir le même niveau d'ANP supplémentaire que lors du traitement au gaz ammoniac (Tableau 1).

L'azote de l'urée a été mieux digéré que l'azote du traitement au gaz ammoniac (Tableau 1) mais l'azote du gaz ammoniac a été digéré davantage que les protéines de la paille non traitée. Les écarts de digestibilité de l'énergie ont laissé supposer une certaine amélioration après le traitement au gaz ammoniac, mais l'urée a provoqué également une certaine amélioration par rapport à la paille non traitée. Si l'on examine les fibres de la paille, le traitement au gaz ammoniac a provoqué une nette augmentation de leur digestibilité (Tableau 1) par rapport à l'urée ou à la paille non traitée. Cependant, si l'on regarde les données d'ingestion (Tableau 2), le traitement au gaz ammoniac a augmenté l'ingestion d'énergie digestible de près de 50 % par rapport au traitement à l'urée ou à la ration à base de paille non traitée.

Cette observation signifiait que la ration pouvait comporter un pourcentage nettement plus élevé de paille et qu'on a relevé aucun cas de tympanite après avoir donné de la paille traitée au gaz ammoniac. Cependant, la ration hivernale a toujours été analysée et les carences éventuelles en éléments nutritifs on fait l'objet de compléments.

Au cours de l'hiver 1978-1979, à la *Indian Training School* de Lebreton en Saskatchewan, on a effectué un essai d'alimentation avec des vaches commerciales en utilisant trois groupes de 50 vaches auxquelles on a donné les rations indiquées au Tableau 3.

L'ingestion de la paille traitée au gaz ammoniac a été nettement plus élevée que celle de la paille non traitée, même

small. With the advocacy of minimum tillage practices, however, chaff collection has increased in popularity as a means of removing weed seeds and grain from the field and thus reducing herbicide and tillage requirements. Chaff has a higher feed value than the corresponding straw and its response to ammoniation is similar to that of straw. Additional benefits of chaff ammoniation are that any seeds present in the ammoniated material are rendered non-viable and thus there is no risk of contamination of fields through manure application. The digestibility and intake measurements made to date with chaff suggest that it may be valuable for at least a portion of the diet of growing-finishing animals.

During the winter of 1981-82, pregnant beef cows in a producer's herd were fed a diet containing only ammoniated chaff. Each head gained 0.675 kg (1.5 lbs)/day when allowed free choice. Intakes of digestible energy from this study were 265 Kcal/kg metabolic body weight, which was equivalent to that observed when medium to high quality hay was fed and similar to the intakes observed in ammoniated straw digestibility trials (Table 2).

Several types of hay have been ammoniated and have shown considerable improvement in nutritive value, both in digestibility and particularly in increased animal intake. Legume hays, on the other hand, have not responded as well as grass hays to ammoniation.

While we have concentrated our efforts on ammoniation, we have also investigated other chemicals for improving the nutritive value of low quality roughages.

The extent to which chemical or other processes may be used in improving nutritive value of these materials will depend upon economic factors in processing, the producer's management system and the availability and cost of alternative feedstuffs.

Dr. Knipfel is a research scientist at the Agriculture Canada Research Station, Swift Current, Saskatchewan. Dr. Coxworth and Mr. Kernan are with the Saskatchewan Research Council, Saskatoon.

ECHOES from the field and lab

Drug use in race horses The improper use of drugs is a concern expressed throughout the sports world and it is not always easy to expose intentional misuse.

The disqualification of athletes at the recent Pan American Games is just the latest of a continuing pattern of the use of drugs for other than medicinal purposes. While the use of drugs by athletes is a matter for the public health authorities and the sport governing bodies to work out, the use of drugs in race horses falls under the jurisdiction of Agriculture Canada.

The Race Track Supervision Regulations list some 700 drugs that are prohibited. Blood and urine samples are taken regularly after horse races and analyzed at three laboratories at Montreal, Toronto and Vancouver, all of which are approved by Agriculture Canada. If evidence of any prohibited drugs are found, the horse may be disqualified and the owner fined.

"In the past ten years we have seen the introduction of many new drugs for medicinal uses in horses," says Adrienne Stevenson, supervising chemist with Agriculture Canada's Race Track Division in Ottawa.

"With the growing number of cases where drugs have been discovered in horses following a race, it has become clear that we need more information on drug use in horses. A vital part of that effort is research."

For the past four years, the federal agriculture department has been studying the effects of drugs in race horses at its Equine Drug Evaluation Centre at Jerseyville, Ontario, 16 km east of Brantford.

"The centre is unique as it is the only facility in Canada carrying out full-time drug testing on horses kept under commercial training and racing conditions," says Dr. Mike Weber, veterinarian in charge of the centre.

"Keeping our horses under race-track conditions makes the test results more acceptable to the racing industry."

The centre, funded by the federal levy on pari-mutuel race-track betting, is a former standardbred training farm. It con-

sists of a 12-hectare farm with a 12-stall barn, a 0.8 km training track, a house and an office-laboratory building. The staff of trainers, support staff and an animal health technician are all Agriculture Canada employees.

"Our drug control studies are designed to cover a wide range of drugs with special attention being placed on equine medications and other drugs prohibited under the Race Track Supervision Regulations," Dr. Weber says.

"We are constantly improving our analytical methods and applying this new knowledge in the daily testing of official samples. An important part of the work is to determine how long drugs remain in a horse's system."

Five years ago, the department published a five-volume Drug Identification Atlas, giving a detailed analysis of 561 major drugs. The books have become standard reference works in forensic and racing chemistry laboratories around the world.

Now 150 of the higher priority drugs — including pain-killers, tranquilizers, stimulants, anti-inflammatory analgesics and respiratory stimulants commonly given to horses — are being subjected to more detailed testing.

The first phase is to test the drugs by giving one dose to one horse and then analysing blood and urine samples taken the same day. The tests are done by the same three labs that do the regular post-race testing.

"It not only gives us information on the presence of the parent drug and its metabolites in the horse's body fluids — a subject we don't know enough about — but it gives the chemists experience in handling many drugs that they don't often come across in the racing samples," says Ms. Stevenson.

About half of the 150 drugs were also administered to groups of four to eight horses. The animals were then observed over periods of four to 14 days with blood and urine samples taken regularly. This provided a profile on how the drug operated in the horse and how long it took for all evidence to be eliminated from the body.

In May, 1983, the centre published a pamphlet giving these

si elle a été inférieure à celle du foin de brome et de luzerne. Cependant, l'ajout de 2,9 kg (5,5 lbs) d'avoine à la ration a probablement diminué la consommation maximale de la paille traitée au gaz ammoniac. De toute évidence, il fallait moins d'avoine pour le régime à base de paille traitée au gaz ammoniac puisque les gains de poids des vaches ainsi nourries ont été nettement supérieurs à ceux des vaches ayant mangé du foin de brome et de luzerne ou de la paille non traitée. Au cours d'études plus récentes, aucun problème n'a surgi en donnant à des vaches 9 kg (20 lbs) de paille traitée au gaz ammoniac plus 0,9 kg (2 lbs) d'orge par jour. Cependant, nous ne disposons d'aucune donnée mentionnant si la paille traitée au gaz ammoniac pourrait constituer toute la ration.

D'après les études effectuées jusqu'à présent, il ne fait aucun doute que le traitement au gaz ammoniac peut constituer un moyen efficace d'accroître la valeur nutritive de la paille et donc d'augmenter la quantité que l'on peut utiliser dans le régime des vaches.

Jusqu'à ces dernières années, on a obtenu peu de renseignements sur la réaction de la menue paille au traitement au gaz ammoniac et les producteurs utilisant la menue paille dans l'alimentation hivernale ont été peu nombreux. Pour ce qui est de préconiser des méthodes de labour minimum, le ramassage de la menue paille a cependant connu une popularité croissante comme moyen d'enlever les graines de mauvaises herbes et les grains dans les champs et donc de diminuer les besoins en herbicides ou en labour. La menue paille a une valeur alimentaire supérieure à la paille correspondante et elle réagit comme la paille au traitement au gaz ammoniac. Le traitement au gaz ammoniac de la menue paille comporte d'autres avantages car toutes les grains présentes dans la matière traitée au gaz ammoniac deviennent stériles et l'application du fumier ne comporte donc plus aucun risque de

contamination des champs. Les mesures de digestibilité et d'ingestion effectuées jusqu'à présent avec la menue paille laissent penser qu'elle pourrait être intéressante au moins pour constituer une partie du régime des animaux en croissance ou en finition.

Au cours de l'hiver 1981-1982, le troupeau de vaches de boucherie gravides d'un éleveur a reçu un régime contenant uniquement de la menue paille traitée au gaz ammoniac. Chaque sujet a gagné 0,675 kg (1,5 lb) par jour en recevant de la menue paille à volonté. L'ingestion d'énergie digestible dans le cadre de cette étude a atteint 265-K/cal/kg de poids corporel métabolique, soit la même qu'en donnant du foin de qualité moyenne à élevée ou que lors des essais de digestibilité de la paille traitée au gaz ammoniac (Tableau 2).

Plusieurs types de foin ont été traités au gaz ammoniac et ont démontré une amélioration considérable de leur valeur nutritive, à la fois dans le domaine de la digestibilité et surtout dans le domaine de la consommation accrue par les animaux. Par ailleurs, les foins de légumineuses n'ont pas réagi aussi bien que les foins de graminées au traitement au gaz ammoniac.

Même si nous avons concentré nos efforts sur le traitement au gaz ammoniac, nous avons également étudié d'autres produits chimiques pour améliorer la valeur nutritive des fourrages de faible qualité.

L'utilisation de produits chimiques ou d'autres processus en vue d'améliorer la valeur nutritive de ces matières dépendra d'un certain nombre de facteurs économiques impliqués dans la transformation, du système de gestion des éleveurs et de la disponibilité et du coût des autres aliments.

M. Knipel est chercheur à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Swift Current (Sask.). M.M. Coxworth et Kernan sont au service du *Saskatchewan Research Council*, à Saskatoon.

ÉCHOS des labos et d'ailleurs

Chevaux de course et drogues Les drogues et leur utilisation posent un problème constant dans le monde du sport et il n'est pas toujours facile de prouver qu'elles ont été intentionnellement utilisées à de mauvaises fins.

La disqualification d'athlètes lors des derniers Jeux pan-américains est l'un des plus récents exemples de cette tendance persistante à utiliser les drogues à des fins autres que médicales. La consommation de drogues par les athlètes est une question qui relève des responsables de la santé publique et des régies sportives, mais elle est du ressort d'Agriculture Canada pour ce qui est des chevaux de course.

Le Règlement sur la surveillance des hippodromes énumère 700 drogues interdites. Les inspecteurs prélèvent régulièrement des échantillons de sang et d'urine des chevaux après les courses et les analysent dans les trois laboratoires, à Montréal, Toronto et Vancouver, approuvés par Agriculture Canada. Si les analyses révèlent la présence de drogues interdites, le cheval concerné peut être disqualifié et son propriétaire mis à l'amende.

« Au cours des dix dernières années, plusieurs nouveaux médicaments équinés ont fait leur apparition, déclare Adrienne Stevenson, chimiste en chef à la Division des hippodromes d'Agriculture Canada à Ottawa.

« L'augmentation du nombre de chevaux drogués dépistés à la fin des courses a fait ressortir la nécessité d'élargir le champ de nos connaissances sur l'utilisation des drogues équinés. À cet égard, la recherche revêt beaucoup d'importance. »

Depuis quatre ans, Agriculture Canada étudie les effets des drogues sur les chevaux de course à son Centre d'évaluation des drogues équinés de Jerseyville (Ont.), 16 kilomètres à l'est de Brantford.

« Ce centre est unique puisque c'est le seul endroit au Canada où l'on procède, de façon permanente, à l'évaluation de drogues administrées à des chevaux soumis à des conditions commerciales d'entraînement et de compétition », déclare le Dr Mike Weber, vétérinaire responsable du Centre.

« Parce que nous gardons nos chevaux dans des conditions analogues à celles d'une écurie de courses commerciale, le secteur des courses accepte plus facilement les résultats de nos essais ».

Le Centre, financé à l'aide du prélèvement fédéral sur les paris mutuels, est une ancienne ferme d'entraînement de chevaux de course sous harnais. Il couvre 12 hectares et comporte une écurie de 12 stalles, une piste d'entraînement de 0,8 kilomètre, une maison et un immeuble administratif



Veterinarian check a standard bred winner at Ottawa's Connaught Racetrack

Le vétérinaire examine le gagnant d'une course, de race Standardbred à la piste Connaught d'Ottawa.

"elimination profiles" for 19 of the drugs. The pamphlet was widely distributed and well-received by the horse racing industry. The 1984 edition of the pamphlet contains another 12 profiles, as well as the results of studies on salicylic acid. "It is our intention to continue this service with annual updates and additions," says Dr. Weber.

The salicylic acid issue has been a nagging problem for the industry. Horsemen have suggested for several years that the acid — a breakdown product of acetylsalicylic acid (aspirin) — found in some horses' urine after a race, could have been caused by normal feeding and not necessarily by administration of the drug.

Tests at the Jerseyville centre confirmed that feeds with high concentrations of alfalfa put more salicylic acid in the animals' urine. A maximum tolerance level of 750 micrograms per millilitre of urine has been established as a result of the tests.

The centre also carries out a wide variety of informal tests on drugs and different types of drug application. It has developed new detection methods for such drugs as ethacrynic acid (a diuretic), dimethylsulfoxide (DMSO, an anti-inflammatory analgesic) and acepromazine (a tranquilizer).

"This is a most important part of our program," says Dr. Weber.

"It adds a necessary degree of flexibility and allows us to respond quickly to high profile drugs or industry rumours. We plan to continue to investigate new drugs as they come on the market and do detailed work on some of the commonly used veterinary products for horses."

Adrienne Stevenson says that while results have been positive and much progress has been made, there is still much research to be done.

"Today we are better able to ensure that the bettor is not wagering on a horse whose performance is influenced by drugs, whether administered intentionally or not. With this information, the entire race industry will be able to avoid the unintentional presence of drugs in horses on race day," she says.

The Equine Drug Evaluation Centre works closely with officials of the Race Track Division and with the three analytical laboratories. The drug testing program also benefits from the advice of a Federal Drug Advisory Committee that includes private veterinarians from across Canada.

et scientifique. Tout le personnel, à savoir les entraîneurs, le personnel de soutien et les techniciens vétérinaires, relève d'Agriculture Canada.

« Nos études sur le dépistage des drogues englobent une vaste gamme de produits et comportent un volet spécial consacré aux médicaments et autres drogues équine interdits en vertu du Règlement sur la surveillance des hippodromes, ajoute le Dr Weber.

« Nous améliorons constamment nos techniques et appliquons les nouvelles connaissances ainsi acquises à l'analyse quotidienne des échantillons officiels. Une partie importante de notre travail consiste à déterminer pendant combien de temps la drogue agit dans l'organisme du cheval. »

Agriculture Canada a publié, il y a cinq ans, un atlas d'identification des drogues en cinq volumes où sont analysés en détail 561 médicaments et drogues. Cet atlas est devenu l'ouvrage de référence de base des laboratoires de chimie équine et légale du monde entier.

On a entrepris d'analyser plus en détail 150 des médicaments et drogues les plus importants, notamment les analgésiques, les tranquillisants, les stimulants, les anti-inflammatoires et les stimulants respiratoires régulièrement administrés aux chevaux.

La première phase de ce projet consiste à administrer une dose de drogue à un cheval puis à analyser des échantillons de sang et d'urine de l'animal prélevés le même jour. Ces épreuves sont conduites par les trois mêmes laboratoires qui effectuent les analyses régulières après les courses.

« Non seulement ces travaux nous renseignent-ils sur la présence de la drogue et de ses métabolites dans les liquides vitaux du cheval, question qu'il nous faut explorer plus à fond, mais ils permettent également aux chimistes d'acquérir de l'expérience dans le traitement de nombreuses drogues qu'ils ne rencontrent pas souvent lors des analyses des échantillons de course », déclare M^{me} Stevenson.

Environ la moitié des 150 médicaments et drogues en question a également été administrée à des groupes de 4 à 8 chevaux. On a gardé ces derniers sous observation pendant une période allant de 4 à 14 jours et prélevé régulièrement des échantillons de sang et d'urine. Ces travaux ont permis d'établir la façon dont la drogue ou le médicament affecte le cheval et du temps qu'il faut avant que toute trace disparaisse de l'organisme de l'animal.

En mai 1983, le Centre a publié un dépliant où étaient énoncés les profils d'élimination de 19 de ces médicaments et drogues. Le dépliant a été distribué à grande échelle et a reçu un accueil favorable du secteur des courses de chevaux. L'édition de 1984 comprend 12 autres profils et donne en plus les résultats d'études sur l'acide salicylique. « Nous avons

l'intention de continuer à produire ce dépliant qui sera mis à jour et augmenté chaque année », précise le Dr Weber.

La question de l'acide salicylique a toujours constitué un problème embêtant pour le secteur. Les spécialistes des chevaux de course affirment depuis plusieurs années que la présence de cet acide, produit de la décomposition de l'acide acétylsalicylique (aspirine), dans l'urine de certains chevaux après les courses pourrait avoir une origine alimentaire et non pas découler de l'administration de cette drogue.

Les essais effectués au Centre de Jerseyville ont confirmé que les fourrages qui contiennent beaucoup de luzerne amènent un taux plus élevé d'acide salicylique dans l'urine des animaux. La limite de tolérance a donc été établie à 750 microgrammes par millilitre.

Le Centre mène également toute une gamme d'épreuves à caractère non officiel sur les drogues et médicaments et sur les différents usages qu'on peut en faire. Ainsi, il a mis au point de nouvelles techniques de dépistage de drogues comme l'acide étacrynique (un diurétique), le diméthylsulfoxyde (DMSO, un analgésique anti-inflammatoire) et l'acépromazine (un tranquillisant).

« Il s'agit là de la partie la plus importante de notre programme, ajoute le Dr Weber.

« À ce chapitre, nous disposons de toute la latitude voulue pour nous permettre d'analyser rapidement les drogues ou médicaments importants et de dissiper les rumeurs qui circulent dans le secteur. Nous avons l'intention de poursuivre notre investigation sur les nouveaux produits dès qu'ils apparaissent sur le marché et d'analyser en détail quelques-uns des produits vétérinaires les plus couramment utilisés pour les chevaux. »

Adrienne Stevenson souligne que même si les résultats ont été positifs et même si beaucoup de progrès ont été réalisés à ce jour, les recherches ne font en fait que commencer.

« Nous sommes aujourd'hui mieux en mesure de garantir aux parieurs qu'ils ne misent pas sur un cheval dont la performance risque d'être influencée par des drogues, qu'elles soient administrées volontairement ou non. Grâce à l'information recueillie, l'ensemble du secteur des courses de chevaux n'aura pas à subir les répercussions de la présence involontaire de drogues dans les chevaux un jour de course », conclut-elle.

Le Centre d'études des drogues à usage équestre travaille en étroite collaboration avec la Division des hippodromes et avec les trois laboratoires d'analyse. Le programme de contrôle des drogues profite également des conseils prodigués par le Comité consultatif fédéral sur les drogues qui compte des vétérinaires du secteur privé de tout le pays.



Départ d'une course à la piste Connaught, près d'Ottawa.

Start of a race at Connaught Racetrack near Ottawa

Computer schedules irrigation The farmer using irrigation can now put a home computer to work scheduling when to apply water to the fields.

The right amount of water at the right time means less wasted water, better control of salt in the soil, higher yields and improved net income.

Dr. Nader Foroud, an irrigation engineer at Agriculture Canada's Lethbridge, Alta., Research Station, developed the computer model based on water use patterns for 14 southern Alberta crops during many years of research.

Dr. Foroud warns that irrigating too soon or with too much water not only wastes water, but increases labor and pumping costs. It may also cause a buildup of salt in the soil and a leaching away of soluble plant nutrients. Irrigating too late can reduce the yield and quality of the crops.

"A computer scheduling program quickly and accurately provides irrigation farmers with up-to-date information on soil moisture for any individual field and the projected date and amount of water required for the next irrigation," Dr. Foroud says.

The software program, adapted for various makes of home computer, can be obtained from the Lethbridge Research Station or from the Irrigation Division of Alberta Agriculture.

At the beginning of the growing season the farmer has to input information such as farm identification, coefficients defining the regional climate, the number of farms and fields, crops planted, seeding dates, initial soil moisture, allowable depletion and irrigation application efficiency. Then whenever

the program is run, daily radiation, maximum and minimum temperatures and rainfall must be entered as well.

Information that the farmer doesn't have at hand can be obtained from a nearby weather station and from the research station or the Irrigation Division office in Lethbridge.

The computer then puts out information on soil moisture depletion at the current date and forecasts the date of irrigation and the amount of water required.

"Irrigation scheduling is a critical planning and decision-making activity that requires a reliable technique for fast and accurate monitoring of soil moisture," Dr. Foroud says.

A number of farmers in southern Alberta have already used the model to advantage and Dr. Foroud expects its use will increase rapidly as farmers gain more experience with the system.

Virus-Free B.C. Spuds Western North America's major source of virus-free potato stock is at Pemberton in British Columbia. Pemberton seed potatoes are of the highest possible quality which means producers can expect higher yields and fewer losses.

The seed tubers are bought by producers in Idaho, Oregon, Washington, Alberta, Manitoba and British Columbia. Agriculture Canada's Vancouver Research Station scientists are working with the Pemberton Farmers to maintain the virus-free status through new virus eradication techniques, careful planting and management.

L'ordinateur et l'irrigation L'agriculteur qui irrigue ses champs peut maintenant utiliser son ordinateur personnel pour déterminer quel est le meilleur moment de le faire.

En utilisant, au bon moment, la quantité d'eau nécessaire, il est possible de réduire les pertes d'eau, de mieux contrôler la salinité du sol en plus d'accroître le rendement des cultures et par conséquent le revenu net du producteur.

M. Nader Foroud, ingénieur en irrigation à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Lethbridge (Alb.), a mis au point un modèle informatique d'après les données recueillies pendant de nombreuses années sur l'utilisation de l'eau dans 14 cultures du sud de l'Alberta.

Monsieur Foroud déconseille aux agriculteurs d'irriguer trop tôt ou trop abondamment. En effet, cette sorte d'irrigation entraîne non seulement des pertes d'eau mais augmente aussi les frais de main-d'oeuvre et de pompage. Elle peut également causer une accumulation de sel dans le sol ainsi que le lessivage des éléments nutritifs solubles. En revanche, une irrigation trop tardive peut réduire le rendement et la qualité des cultures.

“Un programme informatique procure immédiatement aux agriculteurs des données à jour et exactes sur la teneur en eau du sol d'un champ particulier. Il détermine aussi la date de la prochaine irrigation et la quantité d'eau qui sera nécessaire”, ajoute Monsieur Foroud.

Les agriculteurs peuvent se procurer le logiciel, adaptable à différents types d'ordinateurs, en s'adressant à la Station de recherches de Lethbridge ou à la Division de l'irrigation du ministère de l'Agriculture de l'Alberta.

Au début de la saison de croissance, l'agriculteur doit introduire dans son ordinateur certaines données comme l'identification de la ferme, les coefficients définissant le climat de la région, le nombre de fermes et de champs, le type de cultures, les dates des semis, la teneur initiale en eau du sol, les pertes d'eau admissibles et le coefficient d'efficacité de l'irrigation. Par la suite, à chaque utilisation du programme, l'agriculteur doit préciser le rayonnement solaire quotidien,

les températures maximale et minimale et la quantité des précipitations. Il peut obtenir les données qui lui manquent d'une station météorologique avoisinante, de la Station de recherches de Lethbridge, ou du bureau régional de la Division de l'irrigation.

À partir de ces données, l'ordinateur détermine la réduction de la teneur en eau du sol et prévoit la date de la prochaine irrigation ainsi que la quantité d'eau qui sera nécessaire.

“L'établissement d'un calendrier d'irrigation comporte une bonne planification et la prise de décision très importante exigeant une technique fiable qui permette le contrôle rapide et précis de la teneur en eau du sol”, conclut Monsieur Foroud.

Un certain nombre d'agriculteurs du sud de l'Alberta utilisent déjà ce modèle avec succès et Monsieur Foroud s'attend à ce que l'utilisation du système se répande rapidement à mesure que les agriculteurs connaîtront mieux ce dernier.

Des pommes de terre de semence exemptes de virus en Colombie-Britannique En Colombie-Britannique, la vallée de Pemberton, entourée de montagnes et située au coeur d'une région sauvage, constitue l'endroit idéal pour l'implantation de cultures exemptes de virus. Il est interdit d'y cultiver des tubercules de semence qui ne sont pas approuvés par le Comité de vérification des semences de Pemberton.

Les pommes de terre de semence que l'on y produit sont utilisées pour la multiplication d'une variété réservée au marché des tubercules de souche. Ces derniers ont l'avantage de permettre des rendements beaucoup plus élevés. Pemberton est le principal centre de production de tubercules exempts de virus dans l'ouest de l'Amérique du Nord.

M. Bud Wright, spécialiste des pommes de terre et phytopathologiste en chef à la Station fédérale de recherches agro-nomiques de Vancouver, reçoit fréquemment la visite de spécialistes de l'étranger intéressés à produire leur propres tubercules de semence. Les travaux de la Station sont en effet suivis par le monde entier.

Canada 